

# **Absolvování individuální odborné praxe**

Individual professional practice in the company

**Jan Sobotík**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec

Ostrava, 2021

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je výstupem z mé odborné praxe ve firmě ČEZ Distribuce. Pojednává o jednotlivých činnostech, kterým jsem dohlížel, zkušenostech, které jsem získal a v neposlední řadě úkolech, které jsem plnil. Hlavním účelem této praxe bylo seznámení s běžnými problémy a provozem ať už v oblasti elektrických sítí, tak elektrických stanicí. Na každém z těchto dvou pracovišť jsem strávil přibližně polovinu doby praxe. V jednotlivých kapitolách se zabývám detailnějším popisem úkonů, které jsem u pracovníků ČEZ Distribuce pozoroval, a se kterými jsem vypomáhal.

## **Klíčová slova**

ČEZ Distribuce, odborná praxe, termovize, kvalita elektrické energie, ČSN EN 50160, údržba, elektrické sítě.

## **Abstract**

This bachelor thesis is an output of my professional practice in the company ČEZ Distribuce. It contains individual activities which I was watching, the experience I gained and tasks I performed. The main goal of this practice was to get to know with a usual problems and everyday operation at an electric network division and at electric station division. At every of these two divisions I spent about a half of my practice. In following chapters I describe in detail tasks I watched, and I helped to workers of ČEZ Distribuce.

## **Keywords**

ČEZ Distribuce, professional practice, thermovision, power quality, ČSN EN 50160, maintenance, electrical network.

# Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk .....	5
Seznam ilustrací .....	6
Seznam tabulek .....	7
Seznam příloh .....	8
Úvod .....	9
1. O firmě .....	10
1.1. ČEZ, a.s. ....	10
1.2. ČEZ Distribuce, a.s. ....	10
2. Školení BOZP a ekologie .....	11
2.1. Ochranná pásma .....	12
2.2. Bezpečné vzdálenosti .....	14
2.3. Příkaz B .....	18
Oddělení sítě .....	20
3. Termovize .....	20
3.1. Podstata termovize .....	21
3.2. Flir T640 .....	22
4. Kvalita el. energie .....	23
4.1. Měřicí přístroje .....	24
4.1.1. MEg38/C .....	25
4.1.2. MEg37 .....	25
4.2. Kmitočet sítě .....	26
4.3. Velikost a odchylky napájecího napětí .....	27
4.4. Změny napětí .....	28
4.4.1. Rychlé změny napětí .....	29
4.4.1.1. Flikr .....	29
4.4.2. Krátkodobé poklesy napájecího napětí .....	30
4.4.3. Přerušování napájecího napětí .....	30
4.4.4. Přepětí .....	31
4.4.4.1. Dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí .....	32
4.4.4.2. Přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí .....	32
4.4.4.2.1 Časové průběhy přechodných přepětí .....	33
4.5. Nesymetrie napájecího napětí .....	33
4.6. Harmonická napětí .....	34
4.7. Meziharmonická napětí .....	37
5. Výstup .....	38
5.1. Znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné v průběhu odborné praxe .....	38
5.2. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe .....	38
5.3. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení .....	38
6. Závěr .....	39
Přílohy: .....	40
Zdroje: .....	48

## Seznam použitých symbolů a zkratek

BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
DS	distribuční soustava
ES	elektrická síť
EZ	elektrické zařízení
FVE	fotovoltaická elektrárna
HDO	hromadné dálkové ovládání
LDS	lokální distribuční soustava
MN	malé napětí
NN	nízké napětí
OM	odběrné místo
OOPP	osobní ochranné pracovní prostředky
PLDS	provozovatel lokální distribuční soustavy
PS	přenosová soustava
RMS	Root Mean Square
VN	vysoké napětí
VVN	velmi vysoké napětí

## Seznam ilustrací

Obr. 1: Logo skupiny ČEZ [2].....	10
Obr. 2: Logo ČEZ Distribuce [4].....	10
Obr. 3: Ochranné pásmo pro vedení bez izolace [5].....	13
Obr. 4: Ochranné pásmo pro vodiče s izolací [5].....	13
Obr. 5: Ochranné pásmo podzemního vedení [5].....	13
Obr. 6: Ochranné pásmo stožárové stanice [5].....	13
Obr. 7: Ochranné pásmo venkovní elektrické stanice [5].....	13
Obr. 8: Vzdušné vzdálenosti a zóny pro pracovní postupy [6].....	14
Obr. 9: Kontrola termovizí – rozvaděčová skříň na sloupu.....	20
Obr. 10: Kontrola termovizí – přípojnice v rozvodně.....	20
Obr. 11: Kontrola termovizí – rozvodna.....	21
Obr. 12: Flir T640 [11].....	22
Obr. 13: Měření kvality – rozvodná skříň stožárová stanice.....	24
Obr. 14: Měření kvality – domovní rozvaděč.....	24
Obr. 15: Klešťový snímač proudu [13].....	25
Obr. 16: Ohebný snímač proudu [13].....	25
Obr. 17: Anténa [13].....	25
Obr. 18: PQ monitor MEg38/C [14].....	25
Obr. 19: PQ monitor MEg37 [15].....	25
Obr. 20: Dovolené meze napětí [16].....	27
Obr. 21: Orientační klasifikace změn napětí [20].....	28
Obr. 22: Příčiny napěťových poklesů [21].....	28
Obr. 23: Příklad kolísání napětí [21].....	29
Obr. 24: Vliv změn napětí na světelný tok žárovky [20].....	29
Obr. 25: Příklad kolísání napětí v napájecí síti během svařování [20].....	29
Obr. 26: Omezovače přepětí na vstupu transformátoru [24].....	31
Obr. 27: Průrazka [25].....	31
Obr. 28: Zemní lano [26].....	31
Obr. 29: Průběh dočasného přepětí [30].....	32
Obr. 30: Průběh přechodného přepětí s dlouhým čelem [30].....	33
Obr. 31: Průběh přechodného přepětí s krátkým čelem [30].....	33
Obr. 32: Průběh přepětí s velmi krátkým čelem [30].....	33
Obr. 33: Náhrada nesymetrických fázorů symetrickými fázory [32].....	34
Obr. 34: Základní harmonická s třetí a pátou harmonickou [33].....	34
Obr. 35: Deformovaný časový průběh proudu [33].....	34
Obr. 36: Součet 3n harmonických proudů v nulovém vodiči [33].....	36
Obr. 37: Průběh proudu při 20 58wattových předřadnících [34].....	36
Obr. 38: Průběh napětí při 20 58wattových předřadnících [34].....	36

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Obsluha a práce na EZ dle kvalifikace osob [5] .....	11
Tabulka 2: Ochranná pásma pro jednotlivé typy vedení a napěťové hladiny [5] .....	12
Tabulka 3: Základní vzdálenosti pro jednotlivá napětí [6] .....	14
Tabulka 4: Zkrácené vzdálenosti pro jednotlivá napětí [6] .....	15
Tabulka 5: Členění prací [5] .....	16
Tabulka 6: Parametry termokamery .....	22
Tabulka 7: Dovolené meze frekvence [18] .....	27
Tabulka 8: Hodnoty harmonických dle normy [18] .....	37

## Seznam příloh

Příloha I: Příkaz B .....	40
Příloha II: Příloha k příkazu B.....	41
Příloha III: Příkaz B-PPN.....	42
Příloha IV: Protokol termovize .....	43
Příloha V: Výsledky měření kvality elektrické energie PŘED opravou .....	44
Příloha VI: Výsledky měření kvality elektrické energie PO opravě .....	44
Příloha VII: Grafické vykreslení hodnot kvality elektrické energie PŘED opravou .....	45
Příloha VIII: Grafické vykreslení hodnot kvality elektrické energie PO opravě .....	46
Příloha IX: Měření na FVE 5 kW .....	47



## Úvod

Elektrická energie se stala nedílnou součástí našeho každodenního života. Mnoho lidí však nemá tušení, kolik námahy a úkonů stojí za tím, že při stisknutí vypínače se jim rozsvítí žárovka, při zastrčení zdroje do zásuvky se začne nabíjet mobil, či v zimě mohou být v teple díky přímotopu. Nic z toho by nefungovalo, nebýt elektráren, transformátorů, elektrického vedení apod., ale hlavně lidí, co tyto systémy navrhují a udržují v bezporuchovém stavu.

Svou bakalářskou praxi jsem vykonával ve společnosti ČEZ Distribuce. Právě zde pracují lidé, kteří se starají o údržbu, diagnostiku a celkový chod sítí, ať už VVN, tak i NN. ČEZ Distribuce by se dala rozdělit na dvě hlavní části. První oddělení – elektrické stanice. Tato sekce má na starosti rozvodny. Druhé oddělení tvoří elektrické sítě. Toto oddělení snad ani blíže specifikovat nemusím. Ale pro jistotu a ve stručnosti, zde se starají o skoro vše spojené s elektrickými sítěmi, například o různá měření (kvality el. energie, teplota spojů...), údržbu a odstraňování poruch v okresech Ostrava, Karviná a Opava.

Z důvodu COVID-19 jsem vykonával svou bakalářskou praxi v terénu pouze necelé první 2 měsíce. Poté jsem z bezpečnostních důvodů nemohl pracoviště navštěvovat, dostal jsem příručky a materiály z ČEZ Distribuce a zbytek mé práce je založen právě na těchto materiálech.

## 1. O firmě

### 1.1. ČEZ, a.s.

*„ČEZ, a. s. je mateřskou společností Skupiny ČEZ. Společnost ČEZ, a. s., vznikla zápisem do obchodního rejstříku dne 6. 5. 1992. Předmětem podnikání je výroba, distribuce a obchod s elektřinou, výroba a rozvod tepelné energie, obchod s plynem a s nimi spojené činnosti. Sídlo společnosti je v České republice na adrese Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4.“ [1]*



**SKUPINA ČEZ**

Obr. 1: Logo skupiny ČEZ [2]

### 1.2. ČEZ Distribuce, a.s.

*„Akciová společnost ČEZ Distribuce, a. s., byla založena projektem fúze splynutím schváleným jediným akcionářem v působnosti valné hromady dne 12. července 2010. Společnost byla zapsána do obchodního rejstříku 1. října 2010 se základním kapitálem ve výši 60 miliard Kč. ČEZ Distribuce, a. s., je držitelem licence na distribuci elektřiny a ve smyslu energetického zákona č. 458/2000 Sb., je provozovatelem distribuční soustavy. Společnost působí na území krajů Plzeňského, Karlovarského, Ústeckého, Středočeského, Libereckého, Královéhradeckého, Pardubického, Olomouckého, Moravskoslezského a částečně v kraji Zlínském a Vysočina. Hlavním posláním společnosti je distribuce elektrické energie fyz. a práv. osobám a stálé zvyšování kvality a spolehlivosti dodávky všem odběratelům.“*

*Cílem společnosti je zajišťovat plně funkční roli výkonného správce aktiv distribuční soustavy v oblasti své působnosti. Předpokladem k naplňování podnikatelského záměru a poslání společnosti je bohatá tradice a know-how převzaté z dřívějších regionálních energetických společností a podporované odpovídajícím technickým i personálním zázemím.“ [3]*

Mezi jedny ze základních úkonů prováděných ČEZ Distribucí patří například připojování a odpojování odběrných a předacích míst, zajištění měření elektrické energie dodávané a odebírané z distribuční soustavy, provádění kontrol, diagnostiky a údržby distribuční soustavy, odstraňování jejich poruch, odečty spotřeby elektrické energie, fakturace distribučních služeb a v neposlední řadě provozování samotné distribuční soustavy dle energetického zákona 458/2000 a vyhlášky 540/2005. Vzhledem k povinnosti zaměstnanců mít k daným činnostem požadovanou odbornou způsobilost 50/1978 Sbírky, jsem se nemohl podílet na práci stejným dílem jako oni. Já byl proškolen pouze na paragraf 4, tj. pracovník poučený. Vždy jsem tedy musel dodržovat dostatečný odstup od živých částí a být maximálně obezřetný. I tak jsem se snažil maximálně podílet na prováděných úkonech.



Obr. 2: Logo ČEZ Distribuce [4]

## 2. Školení BOZP a ekologie

V každém novém zaměstnání je potřeba zaměstnance důkladně proškolit. Jelikož má praxe byla vedena jako DPP, i já musel absolvovat vstupní školení. To zahrnovalo oblasti od první pomoci, přes ochranná pásma, až po ochranu ptactva, práci na zdvihacích plošinách apod. Pro větší důraz na bezpečnost při práci nám bylo dáno pár příkladů nedodržení bezpečnosti a jejich často smrtelné důsledky. Z ekologie bych zmínil například recyklování (ať už PET lahví a papíru, tak jednotlivých komponentů používaných v elektroenergetice – ty se rozebírají na jednotlivé části). V rámci školení o ekologii jsme byli provedeni po několika odděleních, kde nám bylo ukázáno mimo jiné správné skladování nebezpečných látek, výše zmíněné roztrídění komponentů a jejich příprava k následnému rozebrání/zrecyklování, zacházení s odpadními vodami aj. Před samotným složením vyhlášky 50/78Sb. §4 jsem dostal k prostudování potřebné materiály a taky Příručku elektrikáře, zpracovanou pro potřeby ČEZ Distribuce.

Další částí úvodní prohlídky byla ukázka ochranných pomůcek a způsob jejich testování. Byly nám ukázány rukavice pro práci na požadované napěťové hladině a jejich testování, zda svou funkci v požadované napěťové hladině splňují. Poté mi byly ukázány ochranné a pracovní pomůcky, které jsou součástí pracovních a pohotovostních aut. Mé ochranné pracovní pomůcky mi přidělil ČEZ, konkrétně to byla přilba a rukavice, pracovní obuv a oblečení jsem měl své.

V následujících kapitolách se budu zabývat některými tématy, která nám byly při školení BOZP prezentovány.

Tyto „formality“ mohou být pro dost lidí nudné či nezáživné, avšak jsou taktéž velice nezbytné. Nedodržování bezpečnostních opatření může vést k zásahu pracovníka elektrickým proudem a v horších případech až k jeho smrti. Ekologie je v posledních letech velice diskutované téma. Bohužel, někteří jedinci by se dali nazvat ekologickými fanatiky. To však v oblasti, kde jsem vykonával praxi, neplatilo. Jednotlivá opatření zde dávala smysl a byla oboustranně výhodná – nezatěžovala ani neobtěžovala zaměstnance a přírodě taktéž nemálo pomohla.

Tabulka 1: Obsluha a práce na EZ dle kvalifikace osob [5]

Kvalifikace dle vyhl. 50/1978 Sb.	Obsluha zařízení	Práce na zařízení		
		Bez napětí	V blízkosti částí pod napětím	Pod napětím
<b>§ 3 osoba seznámená</b>	Smí <sup>1)</sup> pouze do 1 kV	S dohledem	Nesmí	Nesmí
<b>§ 4 osoba poučená</b>	Smí <sup>2)</sup>	S dohledem	Pod dozorem	Nesmí
<b>§ 5 osoba znalá</b>	Smí <sup>3)</sup>	Podle pokynů	S dohledem	Pod dozorem
<b>§ 6 + § 7 + § 8 osoba znalá s vyšší kvalifikací</b>	Smí <sup>3)</sup>	Sama	Sama	Sama

- 1) Samostatně obsluhovat elektrická zařízení mn a nn, která jsou provedena tak, že při jejich obsluze nemohou přijít do styku s částmi pod napětím.
- 2) Samostatně obsluhovat elektrická zařízení všech napětí s podmínkou, že se mohou dotýkat jen částí zařízení, které jsou pro obsluhu určeny. Při obsluze zařízení vn se nesmí přiblížit k živým částem blíže, než na stanovené bezpečné vzdálenosti (to je mimo zóny přiblížení).
- 3) Samostatně obsluhovat místně nebo dálkově elektrické zařízení.

## 2.1. Ochranná pásma

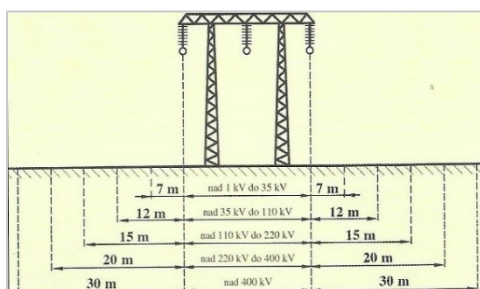
*„Ochranným pásmem zařízení elektrizační soustavy je prostor v bezprostřední blízkosti tohoto zařízení určený k zajištění jeho spolehlivého provozu a k ochraně života, zdraví a majetku osob. Ochranné pásmo vzniká dnem nabytí právní moci rozhodnutí o umístění stavby nebo územního souhlasu s umístěním stavby, pokud není podle stavebního zákona vyžadován ani jeden z těchto podkladů, potom dnem uvedení zařízení elektrizační soustavy do provozu.“ [5]*

Ochranná pásma dělíme podle napěťové hladiny a způsobu izolace vedení, což můžeme vidět v přehledné tabulce 2. Je zde zakázáno zřizování stavby či umísťování konstrukce apod. bez souhlasu vlastníka těchto zařízení, taktéž zde nesmí být uskladňovány hořlavé a výbušné látky. Nepřipouští se ani činnosti, které by mohly mít za následek ohrožení spolehlivosti a bezpečnosti provozu těchto zařízení, popřípadě ohrozit život, zdraví nebo majetek osob, tak samo není přípustné zde provádět zemní práce. Musí být mimo jiné zajištěn snadný přístup k těmto zařízením. Důležitou poznámkou je zde fakt, že se v ochranných pásmech nesmí nacházet chmelnice a žádný porost nad výšku 3 metry. Ten odstraňuje provozovatel na vlastní náklady. [5]

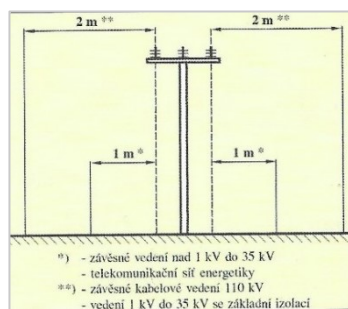
Tabulka 2: Ochranná pásma pro jednotlivé typy vedení a napěťové hladiny [5]

Ochranná pásma nadzemního vedení		
	nad 1 kV – 35 kV	nad 35 kV – 110 kV
pro vodiče <b>bez</b> izolace	7 m vodorovně od krajního vodiče	12 m vodorovně od krajního vodiče
pro vodiče s <b>izolací základní</b>	2 m vodorovně od krajního vodiče	5 m vodorovně od krajního vodiče
pro <b>závěsné</b> kabelové vedení	1 m vodorovně od krajního kabelu	2 m vodorovně od krajního vodiče
Ochranné pásmo nadzemního vedení		
	pro napětí větší než 110 kV	
pro vedení do 220 kV včetně	15 m vodorovně od krajního vodiče	
pro vedení do 400 kV včetně	20 m vodorovně od krajního vodiče	
pro vedení nad 400 kV	30 m vodorovně od krajního vodiče	

Pro lepší představu jsou ochranné zóny jednotlivých vedení a napěťových hladin znázorněny na obrázcích níže.



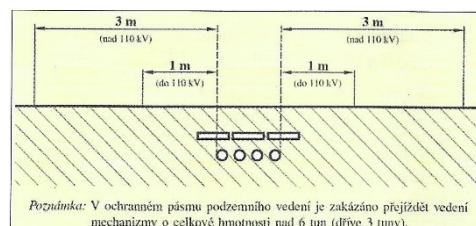
Obr. 3: Ochranné pásmo pro vedení bez izolace [5]



Obr. 4: Ochranné pásmo pro vodiče s izolací [5]

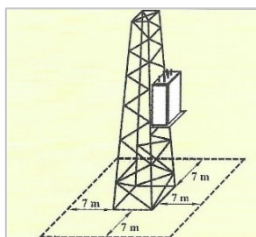
Dále se rozlišují ochranná pásma podzemních vedení, elektrických stanic a stanic stožárových:

- u podzemních vedení elektrizační soustavy **do 110 kV** včetně a vedení řídicí, měřicí a zabezpečovací techniky je ochranné pásmo **1 metr** po obou stranách, u podzemních vedení **nad 110 kV** činí ochranné pásmo **metry 3** (ochranné pásmo se vyměřuje od okrajových kabelů)

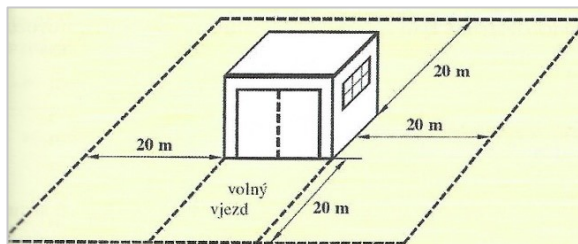


Obr. 5: Ochranné pásmo podzemního vedení [5]

- u elektrické stanice venkovní je ochranné pásmo vymezeno **20 metry** kolmo od obvodové stěny stanice, u stanic stožárových nad 1 kV, ale **méně než 52 kV** s převodem na NN je to **metrů 7** [5]



Obr. 6: Ochranné pásmo stožárové stanice [5]



Obr. 7: Ochranné pásmo venkovní elektrické stanice [5]

## 2.2. Bezpečné vzdálenosti

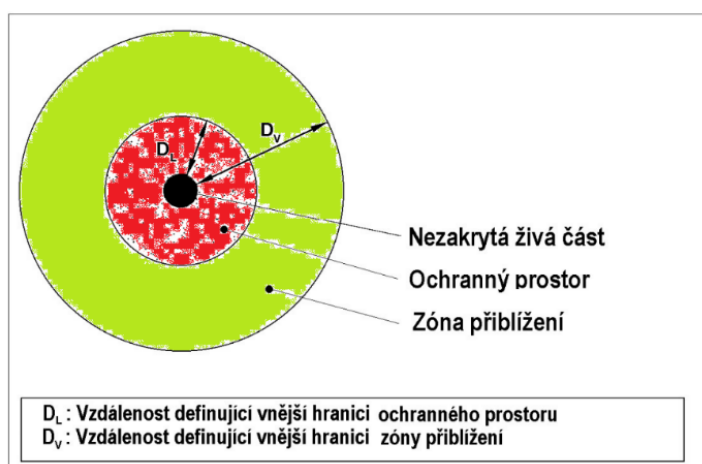
Při práci na EZ je jednou z hlavních priorit bezpečí pracujících zaměstnanců. Ti musí dodržovat jistá pravidla, jako je například používání OOPP, nebo dotek pouze povolených částí. Proto jsou definovány 2 základní části vymezené kolem EZ – ochranný prostor (OP) a zóna přiblížení. Důležité je taktéž správné zajištění pracoviště, to musí být jednoznačně určeno a označeno.

Ochranný prostor obklopuje živé části<sup>1</sup>. Do tohoto prostoru nesmí pracovník bez ochranných opatření vstupovat, není zde zajištěna izolační hladina a mohlo by dojít k přeskočení a k úrazu obsluhy. Zóna přiblížení je prostor vymezený vně ochranného prostoru.

Tabulka 3: Základní vzdálenosti pro jednotlivá napětí [6]

Střídavé napětí (kV)		$D_L$	$D_V$
Jmenovité	Nejvyšší	Vnější hranice ochranného prostoru (mm)	Vnější hranice zóny přiblížení (mm)
do 1	1,2	-	1000
do 10	12	500	2000
22	25	800	
35	38,5	900	
110	123	1500	3000
220	245	2500	4000
400	420	3600	5000

"U napětí mn a nn je vnější hranice ochranného prostoru přímo živá část při podmínce používání příslušných osobních ochranných prostředků, pomůcek a náradí, tj. bez přímého dotyku s částí těla pracující osoby. Přiblížení k živé části bez dotyku je v tomto případě prací v blízkosti živých částí. V případě, že jsou živé části odděleny zábranami z izolantu e možné se přiblížit k zábranám až na dotyk." [5]



Obr. 8: Vzdušné vzdálenosti a zóny pro pracovní postupy [6]

<sup>1</sup> **Živá část** – část elektrického zařízení určená k vedení elektrického proudu nebo vodivá část určená k tomu, aby při normálním provozu byla pod napětím.

**Neživá část** – vodivá část zařízení, které se lze dotknout a která není obvykle živá, ale může se stát živou v případě poruchy základní izolace.

Tabulka 4: Zkrácené vzdálenosti pro jednotlivá napětí [6]

Střídavé napětí (kV)		$D_{LS}$	$D_V$
Jmenovité	Nejvyšší	Vnější hranice ochranného prostoru (mm)	Vnější hranice zóny přiblížení (mm)
do 1	1,2	-	1000
do 10	12	300	2000
22	25	400	
35	38,5	500	
110	123	1100	3000
220	245	2100	3000
400	420	3200	4600

*„Tyto práce jsou zásadně prováděny jako práce pod dozorem, tj. musí vykonávat nejméně 2 osoby, a to osoba alespoň znalá pod dozorem osoby znalé s vyšší kvalifikací.“ [6]*

Dále zmíním jednotlivé druhy práce na EZ:

Tabulka 5: Členění prací [5]

práce dle pokynů	Pro činnost jsou vydány nejnutnější pokyny. Za dodržování podmínek bezpečnosti práce odpovídá každá pracující osoba, vedoucí nemusí být trvale přítomen.
práce s dohledem	Pro činnost jsou stanoveny podrobné pokyny. Osoba provádějící dohled provede před zahájením práce kontrolu provedených bezpečnostních opatření a v průběhu prací dle potřeby kontroluje dodržování bezpečnostních předpisů. Osoba provádějící dohled musí mít odpovídající kvalifikaci. Za dodržování podmínek bezpečnosti práce odpovídá každá pracující osoba.
práce pod dozorem	Činnost je prováděna za trvalého dozoru pověřené osoby, která odpovídá za dodržování bezpečnostních předpisů, pracovních postupů a za používání předepsaných ochranných prostředků a pracovních pomůcek, a to od okamžiku, kdy je pracovní skupině povolen vstup na pracoviště. Každá pracující osoba je povinna dbát pokynů osoby provádějící dozor. Musí-li osoba pověřená dozorem opustit pracoviště, je povinna ustanovit pro provádění dozoru osobu s kvalifikací odpovídající prováděné práci. Nemá-li takovou osobu, je povinna před odchodem z pracoviště práci zastavit, odvolat pracovní skupinu z pracoviště a zajistit, aby nebyly ohroženy osoby ani zařízení. Osobou pověřenou dozorem může být vedoucí práce. Nemá-li vedoucí práce kvalifikaci požadovanou ve smyslu této normy, ustanoví dozor provozovatel zařízení. Nemůže-li osoba pověřená dozorem obsáhnout celé pracoviště, kde se má dozor vykonávat, musí být určena další osoba s potřebnou kvalifikací pro provádění dozoru.

- **Neelektrické práce** – neelektrické práce prováděné v blízkosti EZ bývají nejčastěji práce stavební, jako například lešenářské práce, se stavebními stroji, natírání apod. Podmínkou zde je dodržení minimální vzdálenosti od živé části, tj. nesmí dojít k přiblížení na vzdálenost menší, než  $D_v$ . Je nutné brát v potaz i možné narušení tohoto prostoru pracovními, popřípadě jinými předměty. Pro tento případ je určen zaměstnanec, který stále sleduje a hlídá možné nedodržení bezpečné vzdálenosti (bezpečná vzdálenost = vzdálenost vyšší než  $D_v$ ).
- **Práce v blízkosti živých částí** – osoba (její části/nářadí) se při těchto pracích nachází v prostoru zóny přiblížení, ale nezasahuje do ochranného prostoru definovaným  $D_L$ . Možné nebezpečí se minimalizuje zábranami, přepážkami apod. Tuto práci mohou vykonávat osoby poučené pod dozorem osoby znalé s vyšší kvalifikací, osoby znalé s dohledem osoby znalé s vyšší kvalifikací a osoby znalé s vyšší kvalifikací samostatně.



- **Práce pod napětím** – Zde patří všechny práce prováděné v prostoru se vzdáleností nižší, než  $D_L$ . Je tedy zřejmé, že osoba může přijít do styku přímo s živou částí. Není dovoleno mít kovové doplňky či jakékoliv jiné kovové předměty (jako jsou například hodinky, náušnice apod.) a je nutno mít vhodné OOPP a oblečení. Dalším důležitým bodem je zákaz zahájení i provádění prací pod napětím v případě blížící se bouřky. Tyto práce mohou vykonávat osoby znalé pod dozorem osoby znalé s vyšší kvalifikací a osoby znalé s vyšší kvalifikací samy.  
Dále můžeme rozdělit práce pod napětím na běžné, do kterých lze zahrnout měření přenosnými přístroji (např. fázování, zkoušení a ověření napěťového stavu, výměna výkonových pojistek VN apod.), a na vybrané, které musí být prováděny stanovenými pracovními postupy a metodami a mohou být vykonávány jen osobami k těmto pracím vyškolenými. Řadíme zde například práci na vzdálenost, v dotyku, na potenciálu.
- **Práce bez napětí** – při tomto druhu práce je důležité zajistit beznapěťový stav zařízení po celou dobu. K tomu se používá tzv. 5 bezpečnostních pravidel, které se ve většině případů plní v následujícím pořadí: úplné odpojení EZ – zabezpečení proti opětovnému zapnutí – ověření beznapěťového stavu zařízení – uzemnění a zkratování – ochranná opatření proti živým částem, která se nacházejí v blízkosti. Všechny tyto úkony jsou zaznamenávány do přílohy k příkazu B (viz příloha II).

Úplné odpojení se musí provést tak, aby zařízení bylo spolehlivě odpojeno ze všech stran možného napájení.

Zabezpečení proti opětovnému zapnutí se kromě výstražných značek provádí v nejlepším případě uzamykacími mechanismy (montéři vozí zámky), aby bylo co nejspolehlivěji zamezeno opětovnému zapnutí. Další nutností je odpojení přívodu energie od spínacích mechanismů, v případě dálkového řízení musí být vyřazeno pomocí místního ovládání.

Beznapěťový stav musí být ověřen vhodnými přístroji a na všech EZ, které se mají nacházet v beznapěťovém stavu, důležité je zde věnovat pozornost správnému určení kabelů (výběr ze svazku/bezpečné prostřelení). V případě, že dojde na jakkoliv dlouhou dobu k opuštění pracoviště/přerušení práce, musí se beznapěťový stav před opětovným započítím prací znovu ověřit (pracoviště i tak zůstává zajištěno zkratovací soupravou).

Uzemnění a zkratování se provádí na všech částech, na kterých budou prováděny práce. Jako první se uzemňovací/zkratovací souprava připojí na uzemňovací soustavu, a až poté na vodiče/póly vypnutého zařízení. Při demontáži postupujeme v pořadí opačném. Uzemňovací souprava se musí nacházet v okolí pracoviště a musí být viditelná. Uzemnění a zkratování musí být provedeno ze všech stran možného napájení, jedna zkratovací souprava musí být na pracovišti, nebo musí jít vidět. Samozřejmostí je vhodné dimenzování těchto souprav, musí být schopny vydržet případný zkratový proud. V případě použití dálkově ovládaného uzemňovače musí být spolehlivě signalizována poloha uzemňovače. [5,6,7,8]

Povolení k zahájení práce – „Povolení k zahájení práce smí dát dalším osobám zúčastněným na práci pouze vedoucí práce<sup>2</sup>. Aby nedošlo k nedorozumění, má být, tam, kde je to účelné, pro práci na zařízení vysokého napětí, připraven písemný popis odpojení a uzemnění.“ [8] K tomu se používá písemný doklad o technologickém opatření pro zajištění bezpečnosti na pracovišti – příkaz B.

Opětovné uvedení do provozu – „Po ukončení práce musí být všechny zúčastněné osoby odvolány a musí jim být oznámeno, že práce jsou ukončeny a žádná další práce již není povolena. Veškeré nářadí, výstroj a přístroje používané během práce musí být odstraněny. Teprve potom smí být zahájen postup pro opětovné uvedení zařízení do provozu. Veškeré uzemňovací, zkratovací soupravy a/nebo přístroje musí být z pracoviště odstraněny. Všechna bezpečnostní opatření, zámky a/nebo jiné přístroje použité k zabránění opětovnému sepnutí a veškerá označení použita pro vymezení pracoviště musí být odstraněny. Jakmile byla po ukončení činnosti odstraněna bezpečnostní opatření a byl zahájen postup pro uvádění zařízení do provozního stavu, musí se tato část elektrického zařízení považovat za zařízení pod napětím. Jestliže je vedoucí práce přesvědčen, že elektrické zařízení je připraveno k opětovnému zapnutí, oznámí to osobě pověřené kontrolou elektrického zařízení během pracovní činnosti a prohlásí, že práce je ukončena a elektrické zařízení je schopné uvedení do provozu.“ [8]

## 2.3. Příkaz B

Další důležitou součástí, bez které nelze určité práce započít, je tzv. příkaz B. „Jedná se o písemný dokument o nařízených technických a organizačních opatřeních sloužících k zajištění bezpečnosti při práci na elektrických zařízeních vn, vvn a zvn, nebo v jejich blízkosti.“ [9]

Lze jej rozdělit na 2 typy: příkaz B a příkaz B-PPN (práce pod napětím). Příkaz B musí být vydán na tyto činnosti:

- na zajištění a odjištění pracoviště pro práce bez napětí na zařízeních vn, vvn a zvn,
- pro práce na zařízeních vn, vvn a zvn na částech pod napětím nebo v blízkosti částí pod napětím,
- pro práce na zařízeních mn a nn v případě, že je nebezpečí indukce od zařízení vn, vvn a zvn,
- pro práce na elektrických zařízeních mn a nn, jsou-li ve společných prostorech se zařízeními nad vn, vvn a zvn a hrozí nebezpečí od těchto zařízení vn, vvn a zvn,
- pro práce vypnutých a jinak nezajištěných zařízeních vn, vvn a zvn.

---

<sup>2</sup> **Vedoucí práce** – pověřená osoba s konečnou zodpovědností za pracovní činnost; pokud je to vyžadováno, mohou být některé odpovědnosti přeneseny na jiné osoby.

Příkaz B se vydává na jedno pracoviště a je platné po dobu 24 hodin, pokud se jedná o práce dlouhodobé a jsou splněny další podmínky, až na 14 dní. Uzavření je podmíněno ukončením práce. Ve speciálních případech (např. v případě ohrožení lidského života, nebezpečí vzniku velkých hospodářských škod, pro často se opakující práce na EZ atp.) lze od příkazu B upustit. Pokud chybí, nebo není dostatečná dokumentace k technickým nebo technologickým zařízením od výrobce, lze příkaz B nahradit MPBP – místními provozními bezpečnostními předpisy.

Příkaz B – PPN se vydává pro vybrané práce na zařízeních vn, vvn, zvn se zvláštním pracovním režimem. Uzavření je možné pouze vedoucím práce. [5,9]

Vzory lze vidět v příloze I, II a III.

## Oddělení sítě

### 3. Termovize

První pracoviště, na které jsem byl přidělen, bylo pracoviště termovize. Úkolem této sekce je zjišťovat možné problémy ať už v různých rozvaděcích, transformátorech a skříních, tak na vedení. Princip spočívá v postupném procházení jednotlivých spojů a kontrole teploty vybraného místa termokamerou Flir T640, přičemž velkou výhodou zde je možnost měření bez nutnosti odstávky. Spoje mohou například časem povolit a může se zde objevit přechodový odpor. Ten je samozřejmě nežádoucí, způsobuje rychlé opotřebování materiálu a ztráty, v horších případech požár. Pokud měl nějaký spoj vyšší teplotu oproti spojům zbylých fází, byla provedena kontrola proudu fáze hřejícího spoje. Podle toho pracovník rozhodl, jestli je oteplení v mezích, nebo je zapotřebí oprava (např. dotáhnutí). Při samotném měření je třeba dbát na volbu správného objektivu, který se volí podle vzdálenosti od měřeného objektu, dále se měření musí provádět tak, aby nebylo ovlivněno vnějšími podmínkami – např. zvýšená teplota vlivem slunečního svitu apod. Samozřejmostí je měření pod napětím, respektive s připojenou zátěží.

S termovizí jsem jako první absolvoval měření na sloupové trafostanici v Orlové 1. Výhodou zde bylo umístění měřících přístrojů přímo ve skříní na sloupu, popřípadě lehká přístupnost vodiče pro použití klešťového ampérmetru. Nenalezli jsme žádnou závadu. Naše měření pokračovalo v rozvodně v Třinci, poté jsme jeli zjišťovat závadu na vedení ve městě Proskovice a poslední měření, kterého jsem se zúčastnil proběhlo v Nošovicích. Ne ve všech rozvodnách jsou vodiče volně přístupné a měřiče spotřeby jsou umístěny na velíně. Tak tomu bylo ve výše zmíněných Nošovicích. Zde bylo potřeba pro kontrolu procházejícího proudu zkontrolovat velín. Na vedení byly zkontrolovány jednotlivé svorky u přípojů. Měření jedné skříně zabralo asi 10 minut se vším všudy, ve větších rozvodnách jako zde v Nošovicích byly svorky volně přístupné, tudíž jsme pouze vždy změřili teplotu potřebného místa, zkontrolovali údaje a pokračovali dál.



Obr. 9: Kontrola termovizí – rozvaděčová skříň na sloupu



Obr. 10: Kontrola termovizí – přípojnice v rozvodně

Dalším úkolem pracovníků je vyhotovení protokolů u poruchových spojů (viz příloha IV). Ty obsahují fotografie problémového místa jak v infračerveném spektru, tak běžnou fotku. Do těchto fotografií se vloží šipky pro zdůraznění místa vykazující abnormalitu/vyžadující zásah. Dále se porucha označí stupněm závažnosti (1 - bez nutnosti zásahu, 4 - okamžitý zásah). Na žádných z mnoha navštívených stanovišť nebyl zjištěn problém vyžadující okamžitý zásah. Při rozhodování o kvalitě sledovaného spoje se dané místo porovnává s archivními snímky.



Obr. 11: Kontrola termovizí – rozvodna

### 3.1. Podstata termovize

*„Každé těleso, především zahřáté na vysokou teplotu, vyzařuje tepelné elektromagnetické záření v důsledku tepelné excitace atomů. Při dopadu záření na těleso může toto těleso záření pohltit (absorbovat) nebo odrazit.“ [10]*

V této souvislosti byly zavedeny termíny absolutně černé a absolutně bílé těleso. Při dopadu energie na absolutně černé těleso dochází k jejímu dokonalému pohlcení, tzn. nedochází k žádnému odrazu, a to v celém rozsahu vlnových délek. K absolutně černému tělesu se nejvíc blíží Slunce. U absolutně bílého tělesa se bavíme o přesném opaku. V reálném světě bychom se však s těmito tělesy nesetkali, v našich podmínkách se bavíme o tzv. šedých tělesech.

Termovize je v podstatě měření infračervené tepelné radiace (sálání). Ta tvoří základ pro bezkontaktní měření teploty a infračervené termografie. Infračervené záření se pohybuje v rozmezí vlnové délky 760 nm – 1 mm. Na rozdíl od přenosu tepla vedením a prouděním může sálání probíhat i ve vakuu. Dalšími rozdíly, které jsou u přenosu tepla sáláním oproti 2 zmíněnými je to, že probíhá rychlostí světla, elektromagnetickou emisí a absorpcí a intenzita vyzařovaná z povrchu tělesa je přímo úměrná čtvrté mocnině své absolutní teploty. To dokazuje Stefan-Boltzmannův zákon:  $M_e = \sigma \cdot T^4$ , kde  $M_e$  je vyzařovaná energie,  $\sigma$  je Stefan-Boltzmannova konstanta a  $T$  je absolutní teplota tělesa. [10]

### 3.2. Flir T640

Tato termokamera má pro účely výše popsaného měření teplotní citlivost zbytečně velkou. Jinými parametry však splňuje požadavky dokonale. Fotoaparát je zde důležitý, protože z termofotografií by nemuselo vždy jít přesně určit oblast vyžadující zásah. Přiložením fotky v běžným okem viditelném spektru do koncového protokolu dodává možnost lepší orientace. Docela praktickou, ne-li nezbytnou součástí je taktéž software na dodatečnou úpravu fotek. Díky němu lze z označeného místa vyčíst přesnou teplotu, upravit jas a kontrast, aby požadovaná oblast lépe vynikla apod. To vše lze vidět na protokolu v příloze číslo IV.

Vybrané technické parametry: [11]

Tabulka 6: Parametry termokamery

Rozlišení senzoru	640 × 480
Teplotní citlivost	<0,03 °C
Teplotní rozsah	-40 °C...+2000 °C
Fotoaparát	Ano, 5 Mpx
Digitální zoom	Ano, 1–8 x
Software	Ano, Flir Tools



Obr. 12: Flir T640 [11]

## 4. Kvalita el. energie

*„Kvalita napětí je definována charakteristikami napětí v daném bodě ES, porovnávanými s mezními příp. informativními velikostmi referenčních technických parametrů.“ [11]*

Kvalita elektrické energie byla sledována již v dříve. V minulém století se řešily problémy související například s nesprávným spínání HDO vlivem harmonických složek v síti, avšak s rozvojem výpočetní a moderní techniky se parametry napětí začaly sledovat ještě víc. Jedním z důvodů je ten, že tato moderní technika může být velmi háklivá i na drobné změny v síti a v případě změny kvality napájecího napětí může dojít ke špatné funkci, nebo dokonce zničení. Paradoxem je, že rozvoj polovodičových součástek (usměrňovače apod.), které jsou háklivé i na drobné změny parametrů napětí, právě k deformaci těchto parametrů přispívají.

Během pár dní mé přítomnosti na tomto pracovišti jsme montovali a odmontovali měřicí přístroje, ať už například na vývodech transformátorů, které zajišťovaly elektrickou energii pro různé větve vedení, tak v domovních rozvaděčích. Naším úkolem bylo taktéž vyhodnocovat naměřené výsledky. Při každém měření záleželo na požadavcích pro měřené hodnoty. Podle toho se před umístěním přístroje přístroj připojil k PC a bylo nastaveno vzorkování, doba měření, počet použitých vstupů, měřená napěťová hladina atd. Někdy nastal problém s vhodným umístěním měřicího přístroje, ne vždy byly podmínky a prostory vyhovující.

U koncových zákazníků docházelo k měření nejčastěji z důvodu stížností. Někteří si například naměřili v zásuvkách napětí nižší, než je povolené (jako důvod se zde ukázal být nekvalitní voltmetr), jiným docházelo ke kolísání napětí, které pozorovali na pohasínajících světlech (zde byl častou příčinou nedotažený nulový vodič), anebo zde byli zákazníci, u kterých byl zpozorován flikr. Samozřejmě se vyskytly i některé případy, kdy nedostatečnou kvalitu musela napravit právě ČEZ Distribuce. V případě naměřené nevyhovujících parametrů se vygeneruje protokol s jasným doporučením v závěru. Jeden z takovýchto případů vyobrazuje měření v příloze V – VIII. Příloha V obsahuje screenshot stránky programu, který automaticky z naměřených hodnot vyhodnotí podle ČSN EN 50160 všechny parametry a ukáže, zda normě vyhovují, či nikoliv. V našem případě lze vidět, že program vyhodnotil nedostatky ve flikru a hodnotách napětí fáze L3, což se nám potvrdí při pohledu na grafické znázornění naměřených hodnot (viz příloha VII). Kvalita elektrické energie zde byla tak moc nedostatečná, že přístroj už ani nebyl schopen flikr změřit. Přitom platí, že flikr by měl vyjít do 1. Tento problém byl vyřešen natažením nového vedení. Následné měření můžeme vidět v příloze VI a VIII. Prostředí programu je jiné z důvodu měření jiným přístrojem. Úvodní stránka žádný problém (nesplnění podmínky) nehlásí a při pohledu na přílohu číslo VI můžeme krásně vidět flikr, který u všech 3 fází dosahuje hodnoty max 0,5. Dalším případem měření kvality bývá měření u odběratele při instalaci FVE, a to z toho důvodu, jestli nedochází ke zpětnému ovlivňování parametrů sítě, které mohou zapříčinit například špatně nastavené měniče kmitočtu (viz příloha IX).



Obr. 13: Měření kvality – rozvodná skříň stožárová stanice



Obr. 14: Měření kvality – domovní rozvaděč

Jako všechny produkty, i elektrická energie může být různé kvality. Její kvalitu může ovlivňovat mnoho faktorů. Pro příklad bych zmínil malý průřez vodičů, nedostatečně silný transformátor, přílišnou vzdálenost odběrového místa od transformátoru, různá rušení apod. Například v distribuční transformační stanici jsou trvale sledovány parametry: průměrná napětí, maximální a minimální napětí s časem jejich výskytu u jednotlivých fází, 100% a 95% odchylky napětí, průměrné proudy, čtvrt hodinová maxima proudů, rovnoměrnost zatížení fází, zkratové proudy, čas vzniku a doby trvání zkratů, výkony činné i jalové, účinník, časová závislost výkonů, rozdíly v diagramech zatížení denních, víkendových, pracovních dnů, a mimo jiné také události napětí dle ČSN EN 50160, kterou rozeberu dále. [12]

#### 4.1. Měřicí přístroje

Měřicí přístroje se zde používaly dvojího typu. Primárně se používaly novější PQ monitor MEG38 (obrázek 14 a 18), při potřebě zapojení vícero přístrojů v jednu dobu se použily i starší PQ monitor MEG37 (obrázek 13 a 19). Ten obsahoval vícero vstupů pro měření. Oba tyto přístroje disponují podobnými vlastnostmi, oba umí měřit směr toku energie a nachází se v třídě přesnosti A. Jedním z hlavních rozdílů je zde velikost.

Pro měření proudů se používají ohebné snímače proudu fungující na principu Rogowského cívky, popřípadě lze použít klešťové transformátory a toroidní snímače. Napětí se připojuje pomocí měřicí sondy, nebo krokosvorek. Měřicí přístroje MEG38/C mají navíc možnost dálkového odečtu hodnot, jsou tedy vybaveny externí anténou, kterou lze v případě potřeby připojit.





Obr. 15: Klešťový snímač proudu [13]



Obr. 16: Ohebný snímač proudu [13]



Obr. 17: Anténa [13]

#### 4.1.1.MEg38/C

Tento přenosný PQ monitor je schopen zaznamenávat až čtyři napětí a čtyři proudy najednou, a to na napěťových hladinách nn, vn a vvn. Samozřejmostí je záznam výkonů činných a jalových, analýza a následné vyhodnocení parametrů kvality napětí a možnost následného vykreslení v programu v PC ve formě oscilografického záznamu. V neposlední řadě umí tento přístroj měřit taktéž harmonické, a to až do 125. řádu. Tento přístroj obsahuje zdroj napájení trvale připojený na všechny čtyři měřící napěťové vstupy. [13]



Obr. 18: PQ monitor MEG38/C [14]

#### 4.1.2.MEg37

I když se jedná o starší řadu oproti předchozímu PQ monitoru, stejně tak umí tento měřit 4 napětí a dokonce až 28 proudů na hladině nn. Opět zde najdeme funkčnosti jako například měření a hodnocení kvality napětí, záznamy časových průběhů elektrických veličin a taktéž měření elektrických energií. Tento měřicí přístroj obsahuje interní akumulátor a napájení ze všech 4 měřených napětí. [15]



Obr. 19: PQ monitor MEG37 [15]

Kvalitou elektrické energie se zabývá norma ČSN EN 50160 - Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě. Tato norma se vztahuje na distribuční sítě NN, VN a VVN do 150 kV.

Mezi kvalitativní parametry elektrické energie patří:

- a) kmitočet sítě
- b) velikost napájecího napětí
- c) odchylky napájecího napětí
- d) rychlé změny napětí - flickr
- e) krátkodobé poklesy napájecího napětí
- f) nesymetrie napájecího napětí
- g) harmonická napětí
- h) mezipharmonická napětí
- i) úrovně napětí signálů v napájecím napětí
- j) krátkodobá přerušení napájecího napětí
- k) dlouhodobá přerušení napájecího napětí
- l) dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí
- m) přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí.

Pro charakteristiky a) až i) platí pro odběrná místa z DS s napěťovou úrovní nn a vn:

- zaručované hodnoty
- měřicí intervaly
- doby pozorování
- mezní pravděpodobnosti splnění stanovených limitů, stanovené v ČSN EN 50160.

Pro charakteristiky j) až m) uvádí ČSN EN 50160 pouze informativní hodnoty. [16]

V dalších částech se budu věnovat parametrům sledovaných během mé praxe. Těmito parametry budou kmitočet, velikost napájecího napětí a jeho odchylky, rychlé změny napětí, flickr, krátkodobé poklesy napětí, přerušení napájecího napětí (dlouhodobé i krátkodobé), dočasná a přechodná přepětí, nesymetrie napájecího napětí, harmonická a mezipharmonická napětí.

## 4.2. Kmitočet sítě

Kmitočet sítě je velmi důležitý pro správný chod spotřebičů. Příliš nízký nebo vysoký kmitočet nám může signalizovat poruchu v síti, vyjadřuje vztah mezi výrobou elektrické energie a její spotřebou. Pokud spotřebu elektrické energie zvyšujeme a její výroba zůstává stále na stejné úrovni, kmitočet nám klesá a naopak – při přebytku vyráběné elektrické energie se zvyšuje. Jeho jednotkou je Hz [herc] udávající počet dějů proběhlých za jednu sekundu. V Evropských zemích je (by měla být) jmenovitá frekvence sítě sinusového průběhu rovna 50 Hz, pro zajímavost v Americe bychom naměřili 60 Hz. V mé práci se bavím hlavně o DS, avšak ta je závislá na PS. Proto bych zde zmínil historické „rekordy“, které byly pro kmitočet v PS naměřeny. Maximum nastalo 24. 01. 2019 v 6:01 hodin, kmitočet tehdy byl 50,174 Hz, oproti tomu minimum 49,803 Hz dne 10. 01. 2019 ve 21:02. Nutno poznamenat, že se jedná o okamžité hodnoty. [17]

Měří se střední hodnota základní harmonické, a to v intervalu 10 sekund. [18]

Tabulka 7: Dovolené meze frekvence [18]

Systémy se synchronním připojením k propojenému systému		
Jm. frekvence + dovolená odchylka [%]	Min. a max. povolená hodnota [Hz]	Limitující doba
50 Hz $\pm$ 1 %	49,5 – 50,5 Hz	během 99,5 % roku
50 Hz + 4 % 50 Hz – 6 %	47 – 52 Hz	po 100 % času
Systémy bez synchronního připojení k propojenému systému (tj. ostrovní napájecí systémy)		
Jm. frekvence + dovolená odchylka [%]	Min. a max. povolená hodnota [Hz]	Limitující doba
50 Hz $\pm$ 2 %	49 – 51 Hz	během 95 % týdne
50 Hz $\pm$ 15 %	42,5 – 57,5 Hz	po 100 % času

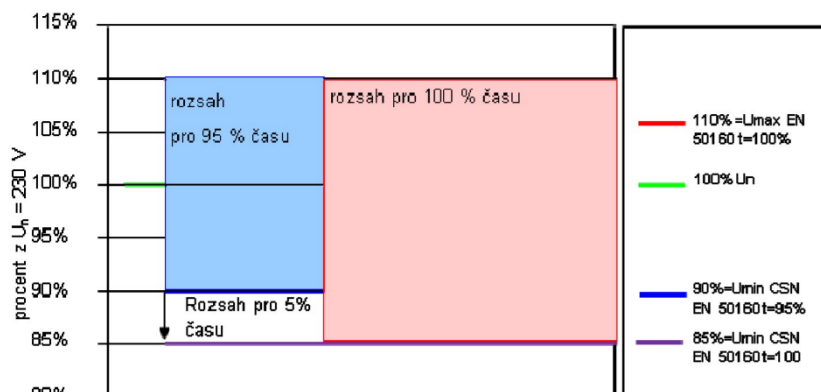
### 4.3. Velikost a odchylky napájecího napětí

Ideální napětí sítě by mělo být 230 V (mezi fází a uzlem). Je však prakticky nemožné, abychom v každé domácnosti (OM) tuto hodnotu naměřili, a to hlavně z jednoho důvodu. Jako první bych například zmínil vzdálenost odběrného místa od trafostanice. Na vodiči vznikají úbytky napětí, tím pádem nemůžeme mít na konci vedení stejné napětí, jako na začátku. Aby se zamezilo přílišnému poklesu napětí na konci vedení, respektive aby pokles napětí nepřesáhl povolenou mez, je vinutí transformátoru navinuté tak, že je výstupní napětí vyšší, než výše zmíněných 230 voltů. Při potřebě napětí upravit, například z důvodu přílišného přepětí, jsou z transformátoru vyvedeny odbočky. Dalším důvodem může být různé zapínání/vypínání spotřebičů, což způsobuje taktéž odchylky napětí. Díky těmto aspektům nelze zajistit konstantních 230 voltů v celé lokální distribuční soustavě. Dovolené odchylky od jmenovité hodnoty napájecího napětí se však musí pohybovat v mezích daných normou ČSN EN 50160.

A nyní k samotnému měření. Měření napětí by mělo probíhat v časovém úseku minimálně jeden týden, provádí se za normálních provozních podmínek. Pro to, aby byly splněny požadavky normy, musí být:

- 95 % změřených efektivních hodnot napětí během každého týdne menší než  $\pm 10\%$   $U_n$
- 100 % změřených hodnot menší než  $+10\%$  /  $-15\%$  z jmenovité hodnoty 230 voltů.

Měřicí intervaly jsou 10 minut. Tzn. každých 10 minut proběhne měření a efektivní hodnota napětí musí být v 95 % případů těchto měření v intervalu  $U_n = <207\text{ V}; 253\text{ V}>$  a ve 100 % případů v intervalu  $U_n = <195,5\text{ V}; 253\text{ V}>$ . Grafické znázornění lze vidět na obrázku č. 20. [16,18,19]



Obr. 20: Dovolené meze napětí [16]

## 4.4. Změny napětí

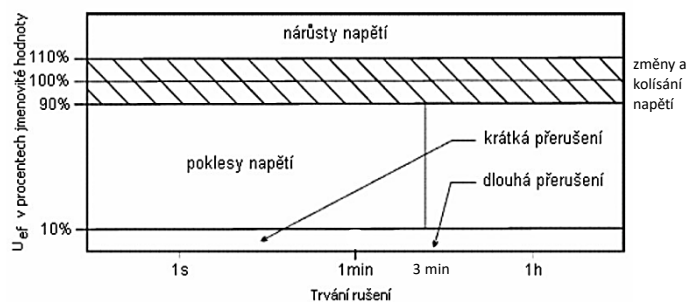
Pro snazší orientaci zde popíšu obecně všechny změny napětí, které v dalších kapitolách rozvedu do větších detailů. Změny napětí můžeme rozlišit buď podle hloubky poklesu  $\Delta U$  [%] – udává nám procentuální rozdíl mezi  $U_n$  a zbytkovým napětím, nebo doby trvání  $\Delta t$ , [s] – toto časové rozmezí udává dobu trvání poklesu napětí pod prahovou hodnotu do okamžiku návratu na/nad hodnotu prahovou.

Mezi nejčastější odchylky patří:

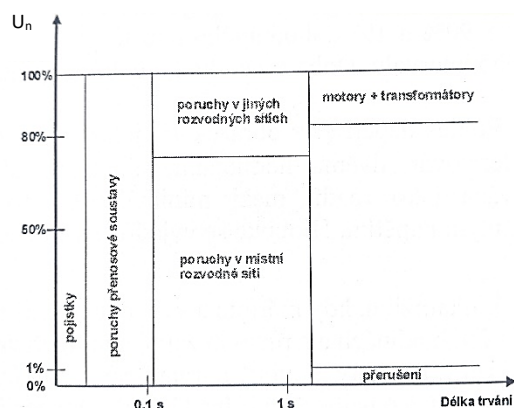
- odchylky napětí v rámci povolených tolerancí zmíněných v kapitole 4.3
- krátkodobé poklesy napětí, které překračují přípustné meze, většinou ne delší než 1 sekunda a s hloubkou poklesu do 60 %  $U_n$
- krátkodobá a dlouhodobá přerušení napětí
- dočasná a krátkodobá přepětí způsobená poruchami (např. v důsledku zkratu na transformátoru, atmosférických a spínacích jevů)
- harmonická a meziharmonická napětí způsobená nelineárními zátěžemi
- rychlé opakované změny napětí způsobené změnami zatížení nebo spínáním v síti – vyvolávající flickr
- nesymetrie třífázového napětí vyvolaná nesymetrickým zatížením sítě [20]

Výše zmíněné nejčastější poruchy jsou graficky pro lepší přehled znázorněny na obr. 21. Krátkodobá přerušení napětí bývají přerušení do jedné minuty (dle normy ČSN EN 50160 do 3 minut), nejčastěji však trvají řádově sekundy. Dlouhodobá přerušení jsou od 3 minut výš. Z obrázku je taktéž patrné rozmezí, od kterého považujeme změnu napájecího napětí pouze za pokles, a kdy už se jedná o výpadek. Touto hranicí je 10 %  $U_n$ .

Z obrázku 22 lze vypožorovat nejčastější příčiny napěťových poklesů. Nejrychlejší a kompletní pokles nastane při zapůsobení AO, tedy například pojistky nebo jističe. Další absolutní pokles nastane při poruše v přenosové soustavě. Zde trvá zapůsobení případných ochran trochu déle. Pokud nastane porucha v jiné rozvodné síti, odběratel pociťuje pouze krátkodobý pokles. To se nedá říct při poruše v místní rozvodné síti, kdy dojde k úplnému výpadku napětí. Motory a transformátory vlivem velkých proudových rázů, popřípadě delším rozběhem motorů způsobují pokles napětí v řádu několika sekund.



Obr. 21: Orientační klasifikace změn napětí [20]



Obr. 22: Příčiny napěťových poklesů [21]

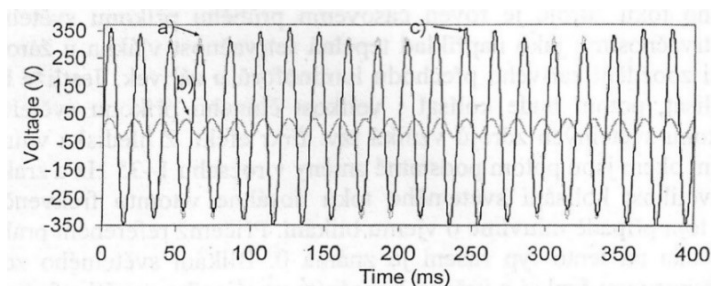
### 4.4.1. Rychlé změny napětí

Rychlá změna napětí v síti může nastat náhlým zvýšením odběru elektrické energie, nebo spínáním v síti. Je to v podstatě jev, kdy efektivní hodnota napětí přejde v krátkém časovém okamžiku z ustáleného stavu do stavu neustáleného. Z tohoto stavu poté přechází v delším časovém úseku opět do stavu ustáleného. Za normálních podmínek by tyto změny neměly přesahovat 5 % jmenovitého napětí. [19]

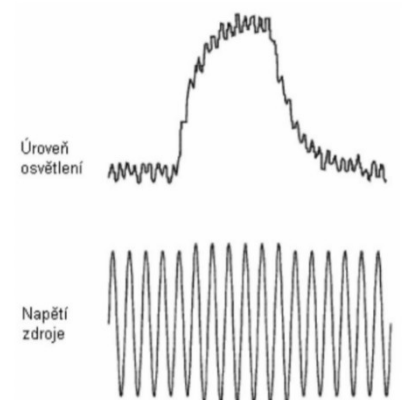
#### 4.4.1.1. Flikr

Tento faktor je pro kvalitu elektrické energie a spokojenost zákazníka velmi důležitý, a tvoří nemalé procento z celkových stížností. Jedná se o následný efekt napěťových změn spojených s rušením. Flikr se projevuje u světelných zdrojů, a to jejich rychlým blikáním, kdy se v závislosti na čase mění velikost světelného toku (obr. 24). To je způsobeno rychlými periodickými změnami napětí, které vznikají buďto modulací harmonické složky a složky základní, nosné, nebo prostou změnou amplitudy napájecího napětí např. z důvodu spínání přístroje. Meziharmonická složka musí být blízká harmonické základní a považuje se za zanedbatelnou od 8násobku základní harmonické. Pro lidské oko je tento jev velice nepříjemný, u lidí se zdravotními problémy může být až nebezpečný. Důležitým poznatkem, kterým přispěli pánové Rashbasee, Koenderink a Van Doom je, že pro lidské oko jsou z hlediska vnímání kolísání světelného toku podstatné změny v rozsahu 1–35 Hz s tím, že nejcitlivější na světelný tok jsou naše oči okolo frekvence 8-9 Hz. Další zajímavou věcí je odezva mozku na světelný stimul, ta činí přibližně 300 ms. To znamená, že v případě dvou krátkých změn světelného toku provedených do 300 sekund vidíme pouze změnu jednu. Pokud bychom tyto změny provedly po delší pauze, byly by pro nás nepříjemnější. [19,21]

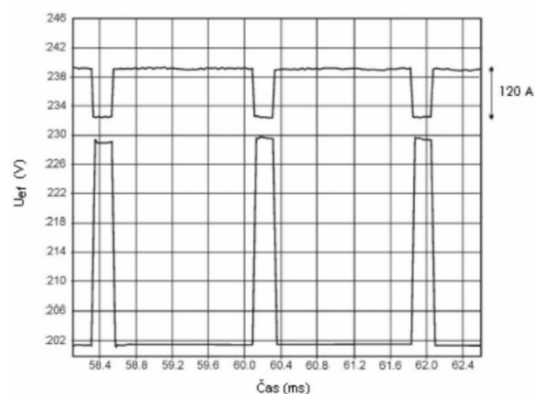
Na obrázku číslo 23 lze vidět příklad kolísání napětí. **a)** naznačuje průběh 230 V při 50 Hz, **b)** injektovanou meziharmonickou složku 23 V 58 Hz a **c)** výsledný průběh.



Obr. 23: Příklad kolísání napětí [21]



Obr. 24: Vliv změn napětí na světelný tok žárovky [20]



Obr. 25: Příklad kolísání napětí v napájecí síti během svařování [20]

#### 4.4.2. Krátkodobé poklesy napájecího napětí

*„Dle normy ČSN EN 50160 ed. 3 je krátkodobý pokles napájecího napětí definován jako náhlý pokles napájecího napětí na hodnotu mezi 90 % a 5 % dohodnutého napětí, po kterém následuje obnovení napětí během krátkého časového intervalu. Doba trvání krátkodobého poklesu napětí je mezi 10 ms a 1 minutou.“ [21]<sup>3</sup>*

Příčinami těchto neočekávaných poklesů napájecího napětí mohou být prosté poruchy, popřípadě spínání v distribuční síti. Při běžných podmínkách je počet krátkodobých poklesů několik desítek až tisíců ročně. Ve většině případů můžeme hovořit o poklesu se zbytkovým napětím větším než 40 % a dobou trvání okolo 1 sekundy. [22]

#### 4.4.3. Přerušení napájecího napětí

Stejně jako krátkodobé poklesy napájecího napětí, tak samo i přerušení napájecího napětí je proces rychlý, nepředvídatelný a samozřejmě ne příliš příjemný. Podle délky trvání se dělí na krátkodobé a dlouhodobé přerušení napájecího napětí.

##### a) Krátkodobá přerušení napájecího napětí

Je definováno jako pokles napětí pod 5 %  $U_n$  po dobu kratší než 3 minuty. Na rozdíl od poklesu napětí se maximální četnost krátkodobých přerušení snížila o jeden řád, tj. na maximálně několik stovek ročně. Jejich příčinou jsou poruchy v distribuční soustavě. V případě vybavenosti ochranami s opětovným zapínáním dojde po odeznění poruchy k opětovnému zapnutí. Pro příklad příčin poruch lze zmínit nedestruktivní přeskok na izolátoru vlivem přepětí vyvolaného úderem blesku do vedení, zkrat způsobený ptákem, nebo menší větve spadlou na vedení... Tyto poruchy ve většině případů odezní samy a nastane automatické opětovné zapnutí, pokud jím je síť vybavena.

##### b) Dlouhodobá přerušení napájecího napětí

Je definováno jako pokles napětí pod 5 %  $U_n$  po dobu delší než 3 minuty. Dlouhodobá přerušení jsou způsobena vnějšími vlivy, tudíž jejich četnost nelze odhadnout. V případě poruchy musí být poškozená část vedení odpojena a dojde k odstranění poruchy. Až poté je možné opětovné připojení.

Možné příčiny poruch, ať už ty, co mají za následek dlouhodobé přerušení napětí, tak i krátkodobé přerušení napájecího napětí, se dělí na externí příčiny, tj. například blesky, sněh, což jsou jevy ovlivněné podmínkami počasí, náhodné příčiny – jako třeba spadlá větve na vedení, nebo její dotyk s vedením, spojení rozdílných potenciálů ptákem, a poté méně příjemné nehody jako je narušení kabelu při výkopech, nebo jiné narušení provozuschopného stavu při podobných činnostech. Jako poslední zde řadíme přenosy poruch ze síťového systému nadřazeného nebo podřazeného předmětné distribuční soustavě. [22]

---

<sup>3</sup> upraveno dle nového vydání normy

#### 4.4.4.Přepětí

*„Přepětí v trojfázových střídavých soustavách je jakékoli napětí mezi fázemi, nebo mezi fázemi a zemí, které svou velikostí překračuje amplitudu jmenovitého napětí. Přepětí se mohou lišit svou velikostí, časovým průběhem, příčinou svého vzniku a frekvencí výskytu.“ [23]*

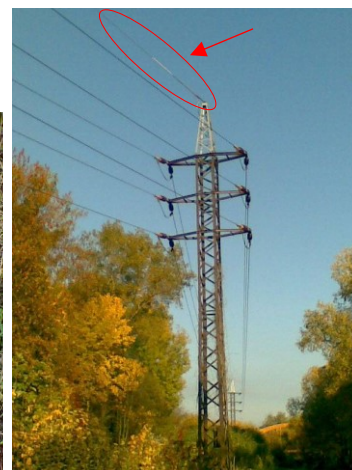
Při vzniku přepětí nastává problémů hned několik. Mimo možnost zničení připojených spotřebičů k dané síti je zde i problém se zvýšeným namáháním izolačních systémů. Přepětí může vznikat při manipulacích v síti (např. spínací přepětí s délkou trvání řádově ms) – tzv. vnitřní přepětí, taktéž vlivem atmosférických podmínek (úder blesku do vedení – nejkratší časy – řádově  $\mu$ s) – tzv. vnější přepětí. Proti těmto vnějším vlivům se snažíme vedení chránit například zemnicími lany (u vvn a zvn, viz obr. 28), jiskřišti a svodiči přepětí. Správné zvolení přepětěvé ochrany nám pomáhá omezit vznik přepětí a tím minimalizovat následné škody. Nejčastěji používané přepětěvé ochrany bývají pro příklad u stožárových transformátorů ochranná jiskřiště a omezovače přepětí ZnO (obr. 26), u sloupů trakčního vedení se používá tzv. průrazka (obr. 27). Mezi další používané součástky pro tento účel patří bleskojistky, diaky a speciální rychlé polovodičové součástky. [23, 28]



Obr. 26: Omezovače přepětí na vstupu transformátoru [24]



Obr. 27: Průrazka [25]



Obr. 28: Zemnicí lano [26]

Přepětí může nastat mezi fázemi a taktéž mezi fází/fázemi a zemí. Dělíme ho dle délky trvání na:

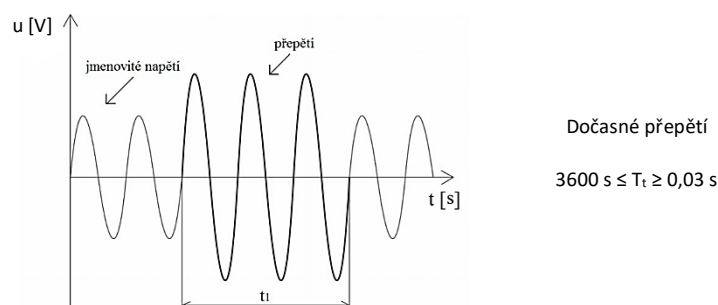
- a. **trvalé přepětí** - (např. vlivem špatného nastavení odboček na transformátoru)
- b. **dočasné přepětí** – (např. při jednofázovém zemním spojení v soustavě s izolovaným uzlem)
- c. **přechodné přepětí** – (např. úder blesku do vedení, spínání)
- d. **kombinované přepětí**

Pro trvalé přepětí bereme konstantní hodnoty napětí, u dočasného napětí se maximální doba výskytu považuje hranice 3600 sekund, přechodné napětí má charakter tlumeného průběhu a kombinované přepětí, jak již z názvu vyplývá, je kombinací dvou vzniklých druhů přepětí. [23]



#### 4.4.4.1. Dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí

Dočasná přepětí o síťovém kmitočtu se vyskytují během poruch v instalacích odběratelů nebo ve veřejných distribučních sítích.



Obr. 29: Průběh dočasného přepětí [30]

Většina transformátorů má na straně nn uzemněný uzel. V případě poruchy (zemního spojení) na straně vn v blízkosti tohoto uzemněného uzlu dochází ke zvyšování zemního potenciálu a k přepětí v nn síti mezi fázovými vodiči, a právě vodiči se zemním potenciálem. Toto přepětí na straně nn tedy trvá po dobu poruchy na straně vn, tzn. závisí na době zapůsobení ochrany a vypnutí vypínače. Můžeme zde hovořit řádově o sekundách a maximální efektivní hodnotě 1,5 kV. Oproti tomu při poruše (zemním spojení) na straně nn, při neuzemněné (izolovaném) uzlu transformátoru, může docházet k nárůstu na nedotčených fázích až na hodnotu sdruženého napětí, to bude přetrvávat až do doby odstranění zemního spojení. I tak však může být soustava dál provozována. Před poruchou je napětí každé fáze proti zemi rovno klasicky napětí fázovému. [18, 27, 29, 30]

#### 4.4.4.2. Přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí

*„Přechodná přepětí mají velmi různé charakteristiky a lze je třídit s ohledem na amplitudu, četnost výskytu, trvání, hlavní složku frekvence přepětí, míru změny napětí a obsah energie.“ [28]*

Od původu přechodného napětí se odvíjí jeho energetický obsah. Při úderu blesku se bavíme o indukovaném napětí s větší amplitudou a nižším energetickým obsahem, přepětí spínací mají zas delší dobu trvání. Obvykle přechodná napětí ve veřejných distribučních sítích svou velikostí nepřesahují 6 kV. Doba těchto přepětí se pohybuje řádově méně než mikrosekundy až milisekundy a ve většině případů odezní bez zásahu do přenosové soustavy.

##### a) Dlouhotrvající přepětí

S dobou trvání delší než 100 ns, kdy mezi nejčastější příčiny můžeme zařadit působení omezujících pojistek (amplituda je zde 1–2 kV), spínání kondenzátorů pro kompenzaci účinníku (amplituda  $2 - 3U_{nMAX}$ ) a dále potom přenos přechodných přepětí z vysokonapěťové části transformátoru na stranu nn (amplituda do 1 kV). U distribučních sítí jsou příčinami mimo jiné zkratky a zemní obloukové zkratky.

##### b) Středně dlouho trvající přepětí

S dobou trvání od 1  $\mu\text{s}$  – 100  $\mu\text{s}$ . Středně dlouho trvající přepětí vznikají nejčastěji v důsledku atmosférických výbojů – blesků. Úder blesku do vedení může být přímý, kdy hodnota amplitudy napětí může dosáhnout až 20 kV, dále může nastat přenos energie indukci, kdy blesk udeří v blízkosti vodičů nízkého napětí. Amplituda zde zpravidla

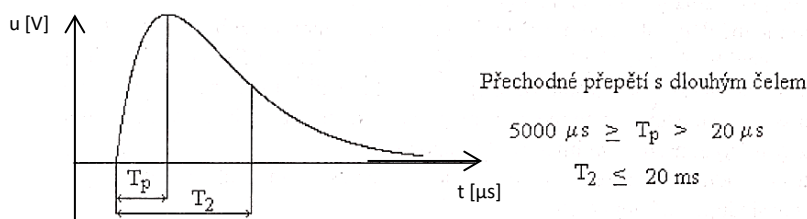


nepřekročí 6 kV. Opět zde lze zařadit přenos rázů z části vn, kdy právě v této části dojde k úderu blesku do vedení, cestou kapacitní, opětné zápaly, spojené se spínáním v síti nn mohou rezonovat s přirozenou frekvencí místní sítě, činnost vypínačů s velmi krátkou dobou hoření oblouku a dále potom činnost spínacích zařízení v instalaci odběratele.

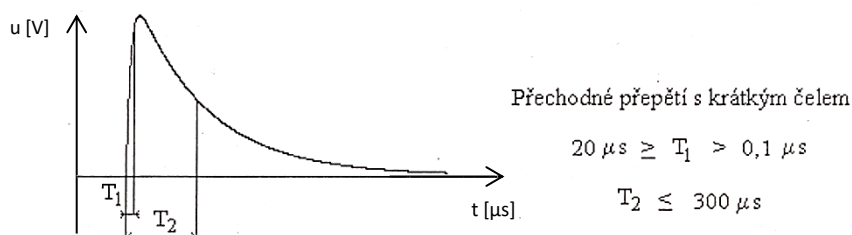
#### c) Krátce trvající přepětí

S dobou trvání do 1  $\mu$ s, příčinou vzniku zde bývá spínání malých indukčních proudů a malých indukčností a rychlé přechodné jevy, které jsou způsobeny spínáním v síti nn se spínači se vzduchovou dráhou (např. stykač). [28, 30]

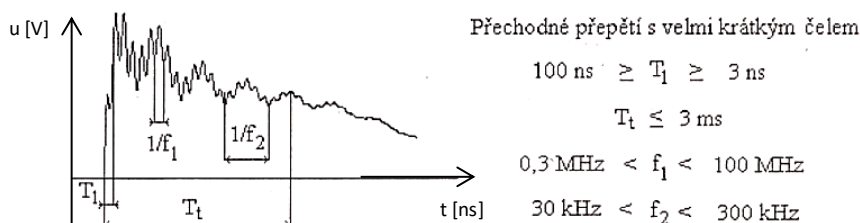
#### 4.4.4.2.1 Časové průběhy přechodných přepětí



Obr. 30: Průběh přechodného přepětí s dlouhým čelem [30]



Obr. 31: Průběh přechodného přepětí s krátkým čelem [30]



Obr. 32: Průběh přepětí s velmi krátkým čelem [30]

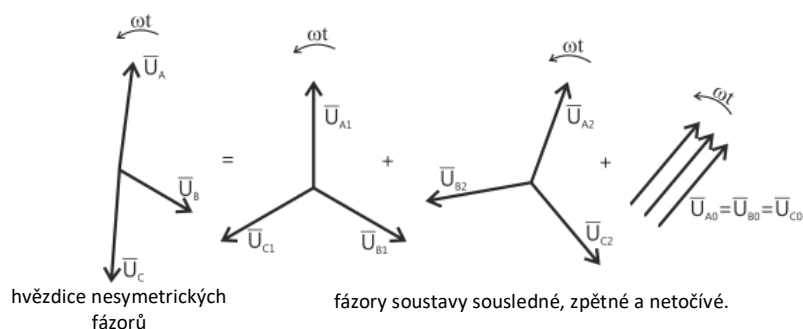
### 4.5. Nesymetrie napájecího napětí

V třífázové distribuční soustavě může vznikat, a bohužel běžné vzniká, nesymetrie napětí v jednotlivých fázích. Ta je způsobena nerovnoměrným zatížením jednofázovými spotřebiči a je přímo závislá na velikosti zátěže. Projevuje se rozdíly amplitud napětí jednotlivých fází, rozdílnými fázovými posuny než 120 °, popřípadě obojím. Pokud součet fázorů vyjde roven nula, hovoříme o vyvážené soustavě symetrické, v opačném případě o soustavě nesymetrické.

Jako jeden z hlavních důvodů nesymetrie napájecího napětí se udává nesymetrické jednofázové zatížení. Proto je důležité při zapojování těchto zátěží myslet na co nejrovnoměrnější rozložení jednotlivých výkonů mezi fáze (zde se bavím o distribučních soustavách nn). U vyšších napěťových hladin jsou nejčastější zátěže s vyššími odběry například jednofázové pece a napájecí stanice pro střídavé pece. Ty lze připojit jak mezi fází a nulový vodič, tak mezi 2 fáze. Mimo jiné tato nesymetrie způsobuje problémy u 3fázových indukčních motorů, kde jejím vlivem bude docházet k vyššímu odběru proudu a tím k nadměrnému zahřívání dané fáze vinutí. [31]

*„Za normálních provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot zpětné složky (základní) napájecího napětí v rozsahu 0 až 2 % sousledné složky.“ [18]*

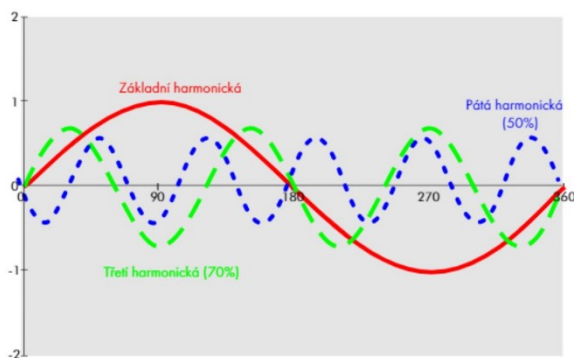
$$\rho = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100 \text{ (%) ... činitel nesymetrie}$$



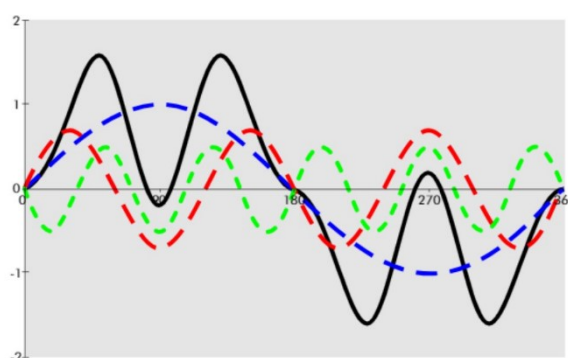
Obr. 33: Náhrada nesymetrických fázorů symetrickými fázory [32]

## 4.6. Harmonická napětí

Zdroje vyšších harmonických zde byly již dávno před rozvojem polovodičové techniky. Mezi ně bychom mohli zařadit obloukové pece, poté indukční stroje a dále například usměrňovače. V novodobějších dějinách se bavíme taktéž o usměrňovačích, pohonech s frekvenčními měniči a pulzními zdroji, kdy díky nim začalo docházet k nárůstu vyšších harmonických složek v síti. Proud odebraný těmito zařízeními je periodický, ale nesinusový. Každý periodický průběh lze pomocí Fourierovy transformace vyjádřit jako součet sinusových průběhů, jejichž kmitočet je násobkem základního kmitočtu základního periodického průběhu.



Obr. 34: Základní harmonická s třetí a pátou harmonickou [33]



Obr. 35: Deformovaný časový průběh proudu [33]

*„Harmonické frekvence jsou celé násobky základní harmonické napájecího napětí, tzn. při základní harmonické 50 Hz je třetí harmonická 150 Hz, pátá harmonická 250 Hz.“* Grafické znázornění můžeme vidět na obrázku 34. Nyní krátce o tom, proč je nutné harmonické v sítí sledovat a jaké problémy mohou díky nim vznikat. Jako první bych zmínil problém s měřením efektivních hodnot. Na obrázku 35 lze vidět výsledný nesinusový průběh, který běžný RMS multimetr nezměří korektně. Dále mohou způsobovat přehřívání transformátorů, rušení při spínání vypínačů, skinefekt a přetěžování středního vodiče, některé tyto problémy v krátkosti rozeberu dále. Potíž taktéž nastává v průchodu tohoto průběhu nulou. Při porovnání se základní harmonickou nám deformovaný průběh prochází nulou ne dvakrát, jak je běžné, ale dokonce šestkrát. Některá zařízení využívají průchod nulou jako referenční, ani ty nám tedy v našem případě nebudou fungovat správně. Další problémy však mohou nastat v elektroinstalacích. Při bezproblémovém stavu by neměl nulovým vodičem protékat žádný proud, dle tohoto předpokladu jsou taktéž navrhovány jejich průřezy. Většina moderních spotřebičů obsahuje spínaný napájecí zdroj. Nevýhoda těchto zdrojů je odběr nelineárního proudu. Pokud budeme uvažovat kancelářské budovy, kde je podíl těchto spotřebičů nemalé číslo, mohou nastat problémy, které popíšu dále. [33]

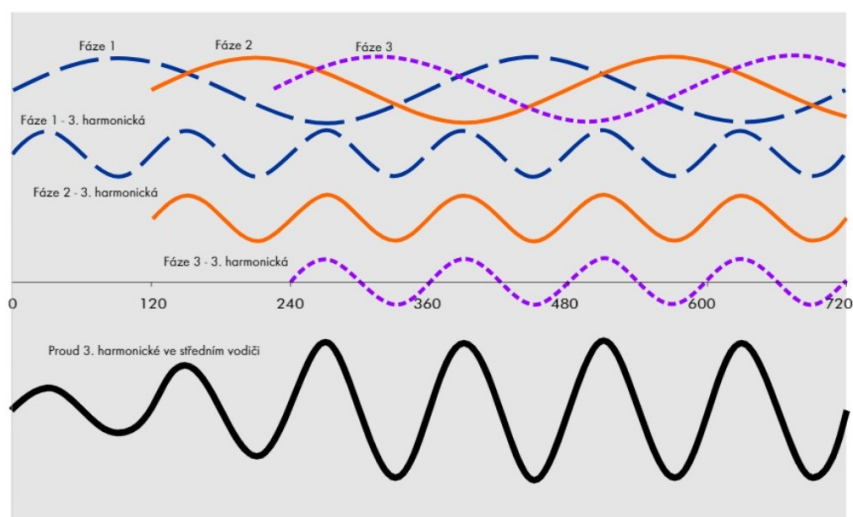
Za podmínky stejného zatížení všech fází (vyvážené zatížení) uvažujeme fázový posun napětí o  $120^\circ$  a nulový proud nulovým vodičem. I za podmínky nevyváženého zatížení nulovým vodičem neprotékají proudy tak velké, jako vodiči fázovými. V prvním případě však může nastat případ, kdy, jak již bylo zmíněno, proud základní harmonické v nulovém vodiči nenalezneme, avšak proudy vyšších harmonických ano. Tyto proudy řádu třetího a jejich násobků se sčítají a v nulovém vodiči mohou dosahovat až 210% hodnoty fázového proudu. To může vést k přetěžování a přílišnému zahřívání nulového vodiče (viz obr. 36).

Dále krátce zmíním problémový vliv na transformátory, který se týká ztrát vířivými proudy – ty rostou s kvadrátem řádu harmonických. Pokud bychom transformátor zatížili čistě nelineární zátěží, byly by tyto ztráty oproti zatížení lineární zátěží až dvojnásobné. Důsledkem by bylo nadměrné oteplení transformátoru a teoreticky jeho nižší životnost.

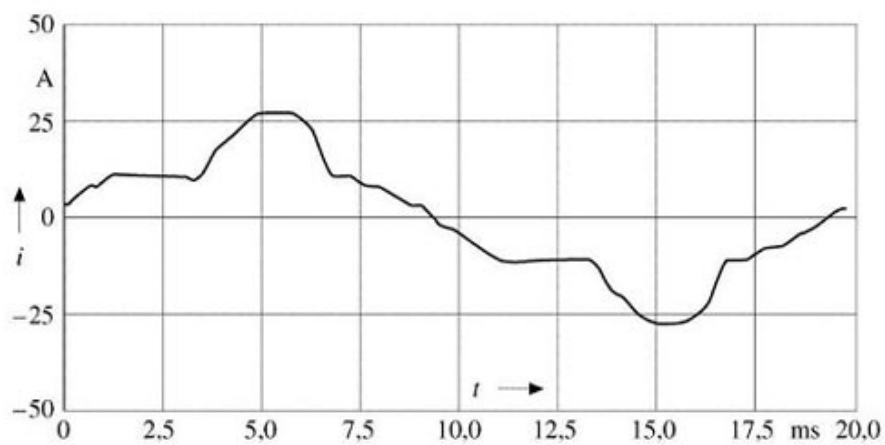
Proudové chrániče zjednodušeně řečeno pracují na principu sčítání proudů v nulovém vodiči. Pokud se tento proud nenachází ve stanovených mezích, chránič vypne. Při harmonických složkách nemusí docházet ke správnému sčítání a z tohoto důvodu je zde možnost chybného vypínání.

Skinefekt se projevuje na kmitočtech vyšších – od 7. harmonické, což je 350 Hz, s ním tudíž musíme počítat. Opět je zde možnost nadměrného oteplení vodiče.

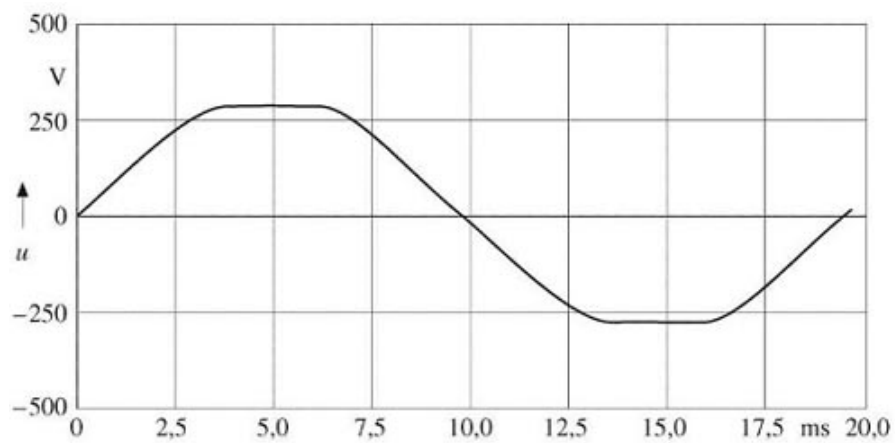
*„Deformovaný odběrový proud nelineární zátěže způsobuje zdeformované úbytky napětí na impedanci kabelů. Výsledné zkreslené napětí je využíváno pro všechny ostatní připojené zátěže a způsobuje průtok neharmonického proudu, a to i v případě lineárních zátěží.“* [33]



Obr. 36: Součet  $3n$  harmonických proudů v nulovém vodiči [33]



Obr. 37: Průběh proudu při 20 58wattových předřadnících [34]



Obr. 38: Průběh napětí při 20 58wattových předřadnících [34]

Norma ČSN EN 50160 ed. 3 definuje podmínky pro harmonická napětí v distribuční síti takto: „Za normálních provozních podmínek má být v libovolném týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot každého jednotlivého harmonického napětí menší nebo rovno hodnotě uvedené v tabulce. U jednotlivých harmonických mohou rezonance způsobit napětí vyšší. Mimoto celkový činitel harmonického zkreslení THD napájecího napětí (až do řádu 40) musí být menší, nebo roven 8 %.“ [18] Kde omezení do řádu 40 je dohodnuté.

Tabulka 8: Hodnoty harmonických dle normy [18]

Liché harmonické				Sudé harmonické	
Ne násobky 3		Násobky 3			
Řád harmonické h	Harmonické napětí $u_h$	Řád harmonické h	Harmonické napětí $u_h$	Řád harmonické h	Harmonické napětí $u_h$
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6...24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,5 %	-	-
17	2,0 %	-	-	-	-
19	1,5 %	-	-	-	-
23	1,5 %	-	-	-	-
25	1,5 %	-	-	-	-

Nelinearita je charakterizována tzv. činitelem harmonického zkreslení THD. Následujícími vztahy lze vypočítat THD proudu a napětí.

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{25} (I_k)^2}}{I_1}$$

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{25} (U_k)^2}}{U_1}$$

$k$  ... řád harmonické

$I_1, U_1$  ... proud, napětí základní harmonické

$I_k, U_k$  ... proud, napětí k-té harmonické [33]

## 4.7. Meziharmonická napětí

Jedná se opět o sinusové napětí s kmitočtem nerovnajícím se celistvým násobkům základního kmitočtu síťového napětí. „Hodnoty se v současné době studují a získávají se další zkušenosti.“ [18] Takto jsou meziharmonická napětí definována v normě ČSN EN 50160. Je to hlavně z důvodu většího výskytu až v posledních letech a tím i až nyníšším zvětšujícím se významem.

## **5. Výstup**

### **5.1. Znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné v průběhu odborné praxe**

Bakalářskou praxi jsem si zvolil hlavně z toho důvodu, že všechny teoretické poznatky, které jsem se na VŠB naučil, jsou jedna věc, avšak bez přenesení a zažití těchto vědomostí v praxi by pro mě byly necelostvé. Jako nejvíc užitečné předměty se mi jeví diagnostika na elektrických zařízeních, u kterých jsem využil znalosti při práci s termovizí, dále pak technika vysokého napětí, díky které jsem se snáz orientoval například v kapitole zaměřené na přepětí, a v neposlední řadě předměty přenos a rozvod elektrické energie a poruchy a chránění elektrických sítí, díky nimž jsem měl obecný přehled na pracovištích.

### **5.2. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe**

S novými znalostmi, které mi scházely, jsem přišel do styku hned v úvodu během školení BOZP. Na VŠB je samozřejmě taktéž brán zřetel na bezpečnost, avšak na rozdíl od školy jsem přicházel během praxe k mnohem víc rizikům a možnostem, jak přijít k úrazu, tudíž zde bylo věnováno tomuto tématu víc času. Dále bych zmínil různé pracovní postupy a problémy, které mi byly na jednotlivých pracovištích ukázány a vysvětleny. Ty jsem taktéž neznal a dle mého názoru, ani neměl šanci znát. Vše mi ochotně ukázali a vysvětlili pracovníci ČEZ Distribuce.

### **5.3. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení**

Zvolení bakalářské praxe rozhodně považuji za správný krok, i když jsem ji bohužel díky vnějším vlivům nebyl schopen provádět celou v terénu. I tak jsem během těch pár týdnů strávených na různých pracovištích mohl přenést své teoretické znalosti do praxe a vidět, jak doopravdy fungují. Taktéž jsem se setkal s řešením různých problémů. To považuji za další důležitý poznatek. I když je ve škole teoretická výuka doplněna praktickými cvičeními, i přes to je velmi přínosné vidět dané věci v běžném nasazení. Přeci jen školní laboratoř a práce v terénu, v rozvodnách apod. jsou dvě rozdílné věci. Navíc zkušenosti a poznatky pracovníků jsou mnohdy velice užitečné a pomohou se člověku lépe orientovat v dané problematice. Přestože jsem tedy většinu praxe strávil na způsob homeoffice, ze zapůjčených příruček a ostatních zdrojů jsem se taky hodně přiučil.

## 6. Závěr

Tato bakalářská práce je výstupem z bakalářské praxe, kterou jsem absolvoval. Z důvodu šíření nemoci COVID jsem byl z bezpečnostních důvodů nucen v průběhu své činnosti přesunout místo výkonu domů a zbytek praxe jsem strávil formou konzultace. V první části se tato práce věnuje bezpečnosti. Ta je velmi důležitá pro ochranu zdraví a životů zaměstnanců, při činnostech pracovníků ČEZ Distribuce přicházejí pracovníci velmi často do styku s živými částmi, pohybují se v jejich blízkosti apod. Při nedodržení stanovených postupů a pravidel by mohlo dojít, a taky bohužel dochází, ke zraněním. Proto jsou zavedeny manuály, podle kterých se musí postupovat, příkaz B a prevence rizik, jako například správné zajištění pracoviště, atd. Tuto kapitolu doplňují ochranná pásma, která přispívají k bezproblémovému chodu sítí a taky k ochraně zdraví ať už osob, nebo zvířat a majetku. V další kapitole je popsána část mé praxe probíhající v terénu, konkrétněji v oddělení elektrické sítě. Zde jsem navštívil oddělení termovize a kvalita elektrické energie. Jezdil jsem s pracovníky po různých stanovištích, dělal preventivní kontroly a řešil různé problémy. Tuto část praxe bych zhodnotil velmi přínosně. Poslední částí bakalářské praxe jsem navázal na druhé navštívené pracoviště a detailně rozebral většinu měřených parametrů, které jsou potřebné znát a rozumět jim pro správné vyhodnocování.

## Přílohy:

DISTRIBUCE		PŘÍKAZ B		číslo 015	kniha číslo
1	Zajišťování pracoviště bude řídit (jméno):	podpis:	dne:	hodin:	I.
2	pracoviště bude zajištěno pro práci bez napětí*) – v blízkosti*) – na zařízení vypnutém nezajištěným*)				
3					
4	na zařízení:				
5					
6	<b>POZOR, ZAJIŠŤOVÁNÍ A ODJIŠŤOVÁNÍ PRACOVIŠTĚ JE PRÁCE POD NAPĚTÍM!</b>				
7	PRO ZAJIŠTĚNÍ PRACOVIŠTĚ BUDOU PROVEDENY NÁSLEDUJÍCÍ ÚKONY				
8	ČÁST ZAŘÍZENÍ – MÍSTO	ÚKON	ZAJIŠTĚNÍ PROVEDL – HLÁSIL		
9	1				
10	2				
11	3				
12	4				
13	5				
14	6				
15	7				
16	8				
17	9				
18	10				
19	11				
20	12				
21	Nedílnou součástí Příkazu B jsou přílohy číslo:				
22	Zajištění pracoviště provedou a podpisy stvrzují, že jsou seznámeni o způsobu a rozsahu zajišťování				
23	JMÉNO	PODPIS	JMÉNO	PODPIS	JMÉNO
24	1		3		5
25	2		4		6
26	Pracoviště je předáno protokolem č.:				
27	Zajištěné pracoviště zkontroloval, byl přesvědčen dotykem holé ruky*) o beznapěťovém stavu zařízení. Nejbližší části zařízení pod napětím				
28	jsou:				
29					
30	Zajištěné pracoviště převzal dne:	hodin:	vedoucí práce	podpis:	II.
31	Stvrzujeme, že jsme byli před zahájením práce seznámeni a poučeni o stavu zajištění pracoviště a nejbližších částech pod napětím				
32	JMÉNO	PODPIS	JMÉNO	PODPIS	JMÉNO
33	1		3		5
34	2		4		6
35	Práce skončeny, pracovníci odvoláni, ukončení prací ohlášeno. Zařízení je schopné bezpečného provozu.*) Pracoviště a Příkaz B				
36	předal (podpis):	dne:	hodin:	převzal (jméno):	III.
37	Odjišťování pracoviště bude řídit (jméno):				
38	Odjištění pracoviště provedou a podpisy stvrzují, že jsou seznámeni o způsobu a rozsahu odjišťování				
39	JMÉNO	PODPIS	JMÉNO	PODPIS	JMÉNO
40	1		3		5
41	2		4		6
42	Uzavření Příkazu B a ukončení pracovní činnosti nahlásil dispečerovi:				
43	jméno:	podpis:	dne:	hodin:	IV.

SKUPINA ČEZ

Příloha I: Příkaz B



**PŘÍLOHA č.: K PŘÍKAZU B** číslo  
rozšíření oddílu I. pro zajišťování prvků vn

kniha číslo

Přílohu vydal dne: \_\_\_\_\_ hod.: \_\_\_\_\_ jméno: \_\_\_\_\_ podpis: \_\_\_\_\_

Přílohu převzal dne: \_\_\_\_\_ hod.: \_\_\_\_\_ jméno: \_\_\_\_\_ podpis: \_\_\_\_\_

**POZOR, ZAJIŠŤOVÁNÍ A ODJIŠŤOVÁNÍ PRACOVISTĚ JE PRÁCE POD NAPĚTÍM!****PRVEK:**

ÚKON - MÍSTO:	ČAS (HOD.)	PROVEDL - HLÁSIL	ČAS ODJIŠTĚNÍ
Vypnutí *)			
Kontrola vypnutého stavu *)			
Uzamknutí vlastním (zajišťovacím) zámkem proti nežádoucímu zapnutí			
Vyvěšení bezpečnostní tabulky NEZAPÍNEJ – NA ZAŘÍZENÍ SE PRACUJE			
Ověření beznapětového stavu zkoušečkou (VN) – konkrétně kde			
Místo:			
Uzemnění a zkratování zkratovací soupravou číslo:			
Místo:			
Poznámka:			

**PRVEK:**

ÚKON - MÍSTO:	ČAS (HOD.)	PROVEDL - HLÁSIL	ČAS ODJIŠTĚNÍ
Vypnutí *)			
Kontrola vypnutého stavu *)			
Uzamknutí vlastním (zajišťovacím) zámkem proti nežádoucímu zapnutí			
Vyvěšení bezpečnostní tabulky NEZAPÍNEJ – NA ZAŘÍZENÍ SE PRACUJE			
Ověření beznapětového stavu zkoušečkou (VN) – konkrétně kde			
Místo:			
Uzemnění a zkratování zkratovací soupravou číslo:			
Místo:			
Poznámka:			

**PRVEK:**

ÚKON - MÍSTO:	ČAS (HOD.)	PROVEDL - HLÁSIL	ČAS ODJIŠTĚNÍ
Vypnutí *)			
Kontrola vypnutého stavu *)			
Uzamknutí vlastním (zajišťovacím) zámkem proti nežádoucímu zapnutí			
Vyvěšení bezpečnostní tabulky NEZAPÍNEJ – NA ZAŘÍZENÍ SE PRACUJE			
Ověření beznapětového stavu zkoušečkou (VN) – konkrétně kde			
Místo:			
Uzemnění a zkratování zkratovací soupravou číslo:			
Místo:			
Poznámka:			

**PRVEK:**

ÚKON - MÍSTO:	ČAS (HOD.)	PROVEDL - HLÁSIL	ČAS ODJIŠTĚNÍ
Vypnutí *)			
Kontrola vypnutého stavu *)			
Uzamknutí vlastním (zajišťovacím) zámkem proti nežádoucímu zapnutí			
Vyvěšení bezpečnostní tabulky NEZAPÍNEJ – NA ZAŘÍZENÍ SE PRACUJE			
Ověření beznapětového stavu zkoušečkou (VN) – konkrétně kde			
Místo:			
Uzemnění a zkratování zkratovací soupravou číslo:			
Místo:			
Poznámka:			

\*) Nehodící se škrtněte

F



# PŘÍKAZ B-PPN vn

číslo 001 kniha číslo

## POZOR, PRÁCE POD NAPĚTÍM!

2 Příkaz B-PPN vydává vedoucí práce, který plní zároveň funkci vedoucího zajišťování

3 jméno: \_\_\_\_\_ podpis: \_\_\_\_\_

4 aby dne: \_\_\_\_\_ od: \_\_\_\_\_ do: \_\_\_\_\_ h. s pracovníky uvedenými a podepsanými v oddíle V. provedl

5 na zařízení: \_\_\_\_\_

6 v místě: \_\_\_\_\_

7 tyto práce: \_\_\_\_\_

8 \_\_\_\_\_

9 Nedílnou součástí příkazu „B PPN“ jsou přílohy číslo:

### 10 Zvláštní režim provozu (ZRP)

11 Zřízení ZRP na vedení: VN č.: \_\_\_\_\_ rozvodna: \_\_\_\_\_

12 jedná-li se o souběh, popř. styk dvou vedení i VN č.: \_\_\_\_\_ rozvodna: \_\_\_\_\_

13 Zřízení ZRP oznámil vedoucímu práce dispečer (jméno): \_\_\_\_\_ v hodin: \_\_\_\_\_

14 Zřízení ZRP u dispečera ověřil a vzal na vědomí vedoucí práce (jméno): \_\_\_\_\_

### 15 Zabezpečení fonického spojení

16 ZPŮSOB SPOJENÍ TELEFONICKY – ČÍSLO 1. TELEFONU TELEFONICKY – ČÍSLO 2. TELEFONU RADIOFONICKY – VOLACÍ ZNAK

17 SPOJENÍ NA DISPEČINK \_\_\_\_\_

18 SPOJENÍ NA PRACOVISTĚ \_\_\_\_\_

### 19 Atmosférické podmínky : VYHOVUJÍ – NEVYHOVUJÍ \*)

20 Další bezpečnostní opatření: \_\_\_\_\_

21 \_\_\_\_\_

22 \_\_\_\_\_

23 \_\_\_\_\_

24 \_\_\_\_\_

### Zahájení práce

25 Stvrzuji, že o stavu pracoviště, zřízeném ZRP včetně konfigurace sítě v místě výkonu práce, způsobu provádění prací, jsem byl poučen a prohlašuji, že jsem psychicky a fyzicky způsobilý provádět práce pod napětím

JMÉNO	PODPIS	POZNÁMKA	JMÉNO	PODPIS	POZNÁMKA
1			5		
2			6		
3			7		
4			8		

32 Pracoviště zkontroloval a zahájení prací oznámil na dispečinku komu: \_\_\_\_\_

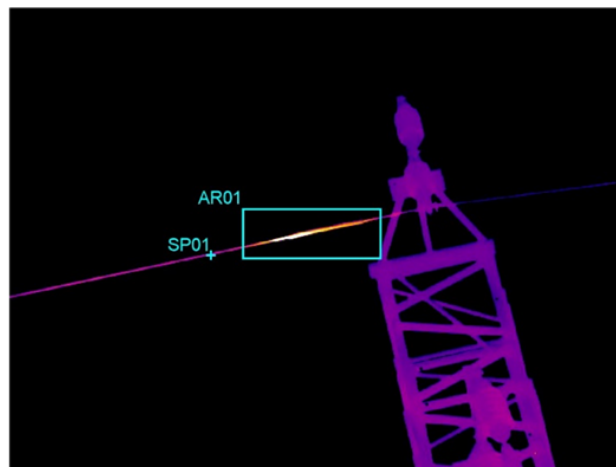
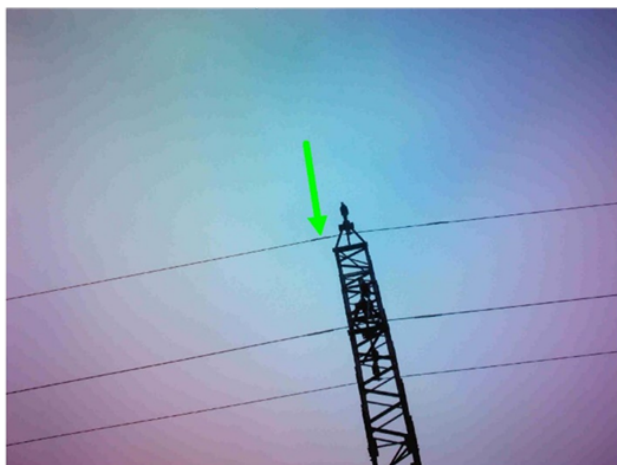
33 dne: \_\_\_\_\_ v hodin: \_\_\_\_\_ vedoucí práce (podpis): \_\_\_\_\_

\*) Nehodící se škrtněte

SKUPINA ČEZ



ČEZ Distribuce, a.s.			
Označení technického místa	15-1 HOS_20-1.2-15_OJA		
Technické místo	DS-VN-UU200671		
Hlášení D2	140062483563	Číslo protokolu	200929_1



IR snímek	Flir1018.jpg
Atmosfér.teplota	10,0°C
Sp1 Teplota	10,7°C
Ar1 Max. Teplota	22,9°C
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

### Zjištěné závady

Popis	Hodnota	I n [A]	I měř. [A]	Zatížení v %	Koeficient	Přepočet °C	Stupeň závady	Popis závady
Oteplení 1	12,2 °C			*	2,25	27,5	2	st.č.8, u OP_1671, spojka, směr st.č.7 ( V.Hoštice )
*	*			*	2,25	*		
*	*			*	2,25	*		
*	*			*	2,25	*		
*	*			*	2,25	*		
*	*			*	2,25	*		

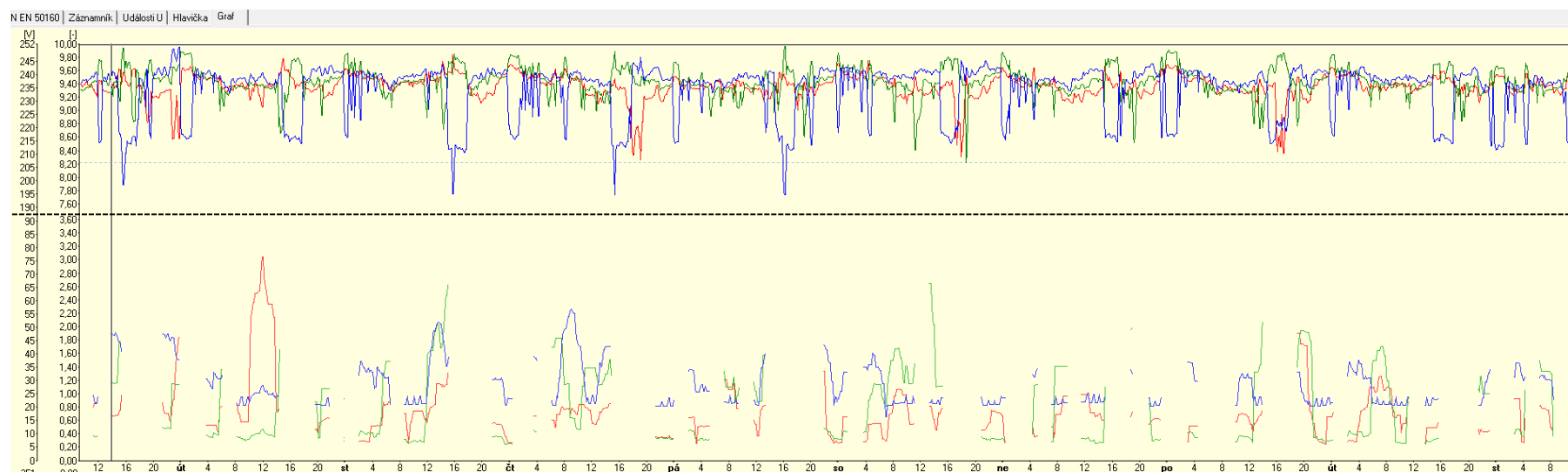
Použité měřicí přístroje	
Typ	Výr. číslo
Termokamera FLIR T640	55911959

Stupeň závažnosti	Doporučená opatření
1	Bez zásahu
2	Oprava nejpozději při zásahu dle ŘPÚ
3	Oprava co nejdříve dle provoz.podmínek
4	Okamžitý zásah

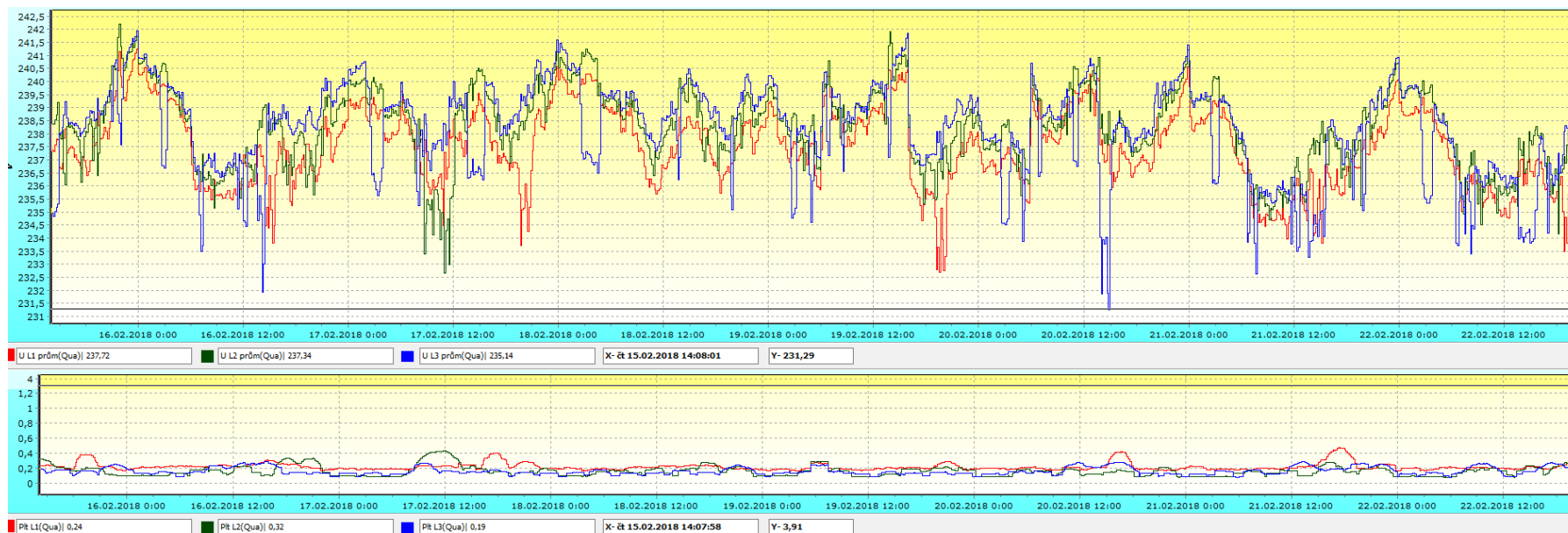
Údaje o zpracování		
Datum	29.09.2020	Podpis
Měření provedl	Marek Šintler	
Protokol vyhotovil	Marek Šintler	

Příloha IV: Protokol termovize



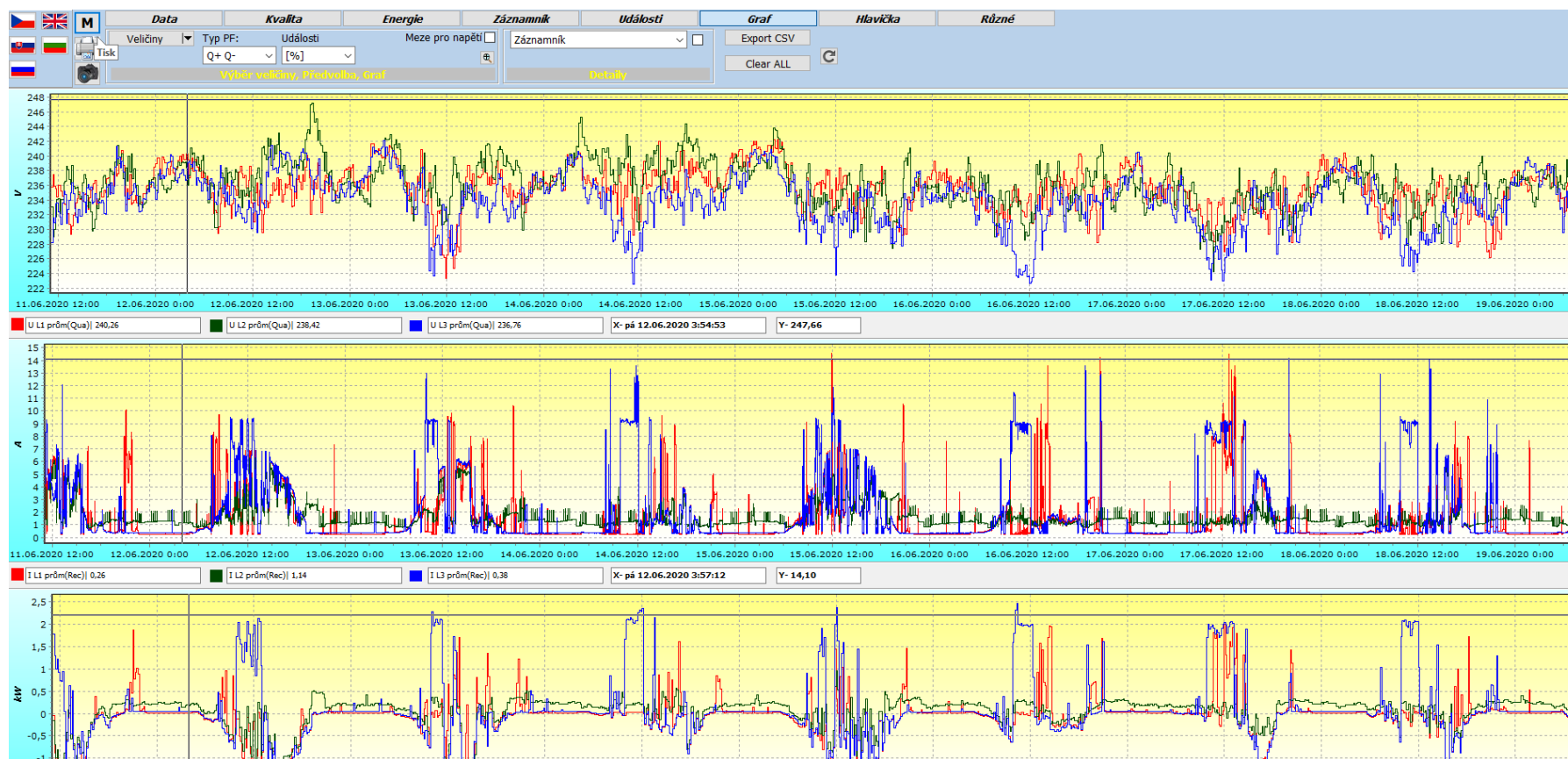


Příloha VII: Grafické vykreslení hodnot kvality elektrické energie PŘED opravou



Příloha VIII: Grafické vykreslení hodnot kvality elektrické energie PO opravě





Příloha IX: Měření na FVE 5 kW

## Zdroje:

- [1] ČEZ, A. S. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/cez>
- [2] Loga. In: *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/ospol/imgexport/pro-media-2018/06-cerven/skupinacez\\_227x186\\_cztransp.png](https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/ospol/imgexport/pro-media-2018/06-cerven/skupinacez_227x186_cztransp.png)
- [3] Základní informace. *ČEZ Distribuce* [online]. [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/o-spolecnosti/zakladni-informace>
- [4] Loga ke stažení. In: *ČEZ Distribuce* [online]. [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: [https://www.cezdistribuce.cz/webpublic/file/edee/dist/fileotherexport/distribuce/loga/cezdi\\_stribuce\\_logonew.jpg](https://www.cezdistribuce.cz/webpublic/file/edee/dist/fileotherexport/distribuce/loga/cezdi_stribuce_logonew.jpg)
- [5] *Příručka elektrikáře*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-1309-5.
- [6] *Práce na elektrickém zařízení v ČDS*. In: . *ČEZ Distribuční služby*, 2010, ročník 2010, s. 1-33. ČDS\_PA\_0007r05. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/o-spolecnosti/dcerine-spolecnosti/cds/pro\\_dodavatele/cds\\_pa\\_0007r05.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/o-spolecnosti/dcerine-spolecnosti/cds/pro_dodavatele/cds_pa_0007r05.pdf)
- [7] *Provádění vybraných prací PPN na el. zařízení nn a vn v transformačních stanicích*. In: . *ČEZ Distribuční služby*, 2013, ročník 2013. ČDS\_ME\_0013r01
- [8] Pracovní postupy u práce bez napětí. *ElektroPrůmysl.cz* [online]. 2015, 2015, **2015**(-), - [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/legislativa/pracovni-postupy-u-prace-bez-napeti>
- [9] *Příkaz B* [online]. [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: [https://vyuka.hradebni.cz/file.php/218/Pohony/Prikaz\\_B.pdf](https://vyuka.hradebni.cz/file.php/218/Pohony/Prikaz_B.pdf)
- [10] Záření černého tělesa. *WikiSkripta* [online]. 2019 [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Z%C3%A1%C5%99en%C3%AD\\_%C4%8Dern%C3%A9ho\\_t%C4%9Blesa](https://www.wikiskripta.eu/w/Z%C3%A1%C5%99en%C3%AD_%C4%8Dern%C3%A9ho_t%C4%9Blesa)
- [11] TERMOKAMERY FLIR T600, T620, T640 A T660. OFICIÁLNÍ DODAVATEL TERMOKAMER FLIR PRO ČR A SK [online]. [cit. 2020-10-07]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/termokamera-flir-t600-t620-t640/>
- [12] *Měření kvality napětí a zatížení DS*. In: . *ČEZ Distribuce*, 2020, ročník 2020. ČEZd\_ME\_0103r01.
- [13] PQ monitor MEg38/C. *MEgA - Měřicí Energetické Aparáty* [online]. [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <http://www.e-mega.cz/doc/cz/MEg38C.pdf>
- [14] Přenosný PQ monitor MEg38/C. *MEgA - Měřicí Energetické Aparáty* [online]. [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <http://www.e-mega.cz/?pg=meg-38c>



- [15] Vícecestupový PQ monitor MEg37. *MEgA - Měřicí Energetické Aparáty* [online]. [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <http://www.e-mega.cz/doc/cz/MEg37.pdf>
- [16] PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ LOKÁLNÍ DISTIBUČNÍ SOUSTAVY. Energetický regulační úřad [online]. 2018, 11. 6. 2018 [cit. 2020-10-14]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/documents/10540/4649649/PRAVIDLA+PROVOZOVANI+LDS+priloha+3.pdf/ae9ebf1e-4a42-463e-a4e3-cf8447ea29ad>
- [17] Zajímavá čísla. ČEPS [online]. [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/zajimava-cisla>
- [18] *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí*. ČSN EN 50160 Ed. 3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [19] LUKEŠ, Pavel. Poklesy napětí v síti nn a spolehlivost výpočetní a řídicí techniky. In: AUTOMA [online]. 2008 [cit. 2020-10-16]. Dostupné z: [https://automa.cz/cz/casopis-clanky/poklesy-napeti-v-siti-nn-a-spolehlivost-vypocetni-a-ridici-techniky-2008\\_01\\_36539\\_5949/](https://automa.cz/cz/casopis-clanky/poklesy-napeti-v-siti-nn-a-spolehlivost-vypocetni-a-ridici-techniky-2008_01_36539_5949/)
- [20] BIEŃ, Andrzej, Zbigniew HANZELKA, Josef GAVLAS, Pavel SANTARIUS a Petr KREJČÍ. *Poruchy napětí: Flickr* [online]. 2006 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://copperalliance.cz/resources/kvalita-elektricke-energie5-1-4/?download=please>
- [21] Kvalita elektrické energie: ... scientific workshop. 2006. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1033-6.
- [22] Poruchy v distribuční soustavě vedoucí k poklesu a krátkému přerušení napětí. *ElektroPrůmysl.cz* [online]. 2018, 28. 12. 2018, **2018** [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/energetika/poruchy-v-distribucni-soustave-vedouci-k-poklesu-a-kratkemu-preruseni-napeti>
- [23] BLAŽEK, Vladimír a Petr SKALA. *Vysoké napětí a elektrické přístroje: Část I: Vysoké napětí*.
- [24] Realizované elektromontáže. In: *FORT 21* [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://media-eu.camilo.software/media-eu/static/0842/677.jpg>
- [25] Jeden rok po vichřici v Tatrách - foto 4. In: *Stránky přátel železnic* [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: [https://spz.logout.cz/gif2006/tez\\_35.jpg](https://spz.logout.cz/gif2006/tez_35.jpg)
- [26] Napětí na vysokých sloupech. In: *PORADTE.CZ* [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.poradte.cz/picture/2013/1177944o.jpg>
- [27] *KVALITA ELEKTRICKÉ ENERGIE V DISTRIBUČNÍCH SÍTÍCH NN*. Brno, 2009. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. Jaromír Bok.

- [28] Přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí. *ElektroPrůmysl.cz* [online]. Redakce časopisu, 2015 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/energetika/prechodna-prepeti-mezivivymi-vodici-a-zemi>
- [29] *Způsoby provozování uzlů elektrických sítí*. Plzeň, 2012. Diplomová práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Vedoucí práce Ing. Lucie Noháčová, Ph.D.
- [30] HASMAN, Tomáš. *Přepětí v elektroenergetických soustavách*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-2952-2.
- [31] Nesymetrie napětí v distribuční soustavě. *ElektroPrůmysl.cz* [online]. 2016, 3. května 2016 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/energetika/nesymetrie-napeti-v-distribucni-soustave>
- [32] Distribuční síť velmi vysokého napětí 04: Metoda souměrných složek. In: *TECHportal.cz* [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.techportal.cz/33/distribucni-site-velmi-vysokeho-napeti-04-metoda-soumernych-slozek-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIdzobldhBp5sOLjlvUcGf72ZspOsA8wwA/>
- [33] GAVLAS, Josef, Miloslav KUŽELA a Pavel SANTARIUS. Kvalita elektrické energie - průvodce. In: *Harmonické - Příčiny a účinky*. s. 1-11.
- [34] Vyšší harmonické, jejich vliv na instalace... In: *Elektrika.cz* [online]. 2014 [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/vyssi-harmonicke-jejich-vliv-na-instalace-a-rozvody-opatreni-proti-jejich-pusobeni>